

Notfall Rettungsmed 2015 · 18:964–983  
 DOI 10.1007/s10049-015-0090-0  
 Online publiziert: 9. November 2015  
 © European Resuscitation Council (ERC),  
 German Resuscitation Council (GRC), Austrian  
 Resuscitation Council (ARC) 2015



J. Wyllie<sup>1</sup> · J. Bruinenberg<sup>2</sup> · C.C. Roehr<sup>3,4</sup> · M. Rüdiger<sup>5</sup> · D. Trevisanuto<sup>6</sup> ·  
 B. Urlesberger<sup>7</sup>

<sup>1</sup> Abteilung für Neonatologie, The James Cook University Hospital, Middlesbrough, Großbritannien

<sup>2</sup> Abteilung für Kinderheilkunde, Sint Elisabeth Hospital, Tilburg, Niederlande

<sup>3</sup> Abteilung für Neonatologie, Charité Universitätsmedizin, Berlin, Deutschland

<sup>4</sup> Newborn Services, John Radcliffe Hospital, Oxford University Hospitals, Oxford, Großbritannien

<sup>5</sup> Abteilung für Neonatologie, Medizinische Fakultät Carl Gustav Carus, TU Dresden, Dresden, Deutschland

<sup>6</sup> Abteilung für Frauen- und Kindergesundheit, Padua University, Azienda Ospedaliera di Padova, Padua, Italien

<sup>7</sup> Abteilung für Neonatologie, Medizinische Universität Graz, Graz, Österreich

# Die Versorgung und Reanimation des Neugeborenen

## Kapitel 7 der Leitlinien zur Reanimation 2015 des European Resuscitation Council

### Einleitung

Die folgenden Leitlinien zur Neugeborenenreanimation sind das Ergebnis des „2015 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science with Treatment Recommendations (CoSTR 2015)“ [1, 2]. Sie stellen eine Aktualisierung der bereits durch das ERC veröffentlichten Leitlinien [3] dar und berücksichtigen Empfehlungen nationaler sowie internationaler Organisationen und bestehende evidenzbasierte Erkenntnisse [4].

### Zusammenfassung der Veränderungen im Vergleich zu den Leitlinien 2010

Die neuen Leitlinien 2015 zur Stabilisierung und Reanimation des Neugeborenen beinhalten folgende wesentliche Veränderungen:

- **Unterstützung der Anpassung:** Die Situation nach der Geburt ist einzigartig im Leben. Neugeborene benötigen selten eine vollständige Re-

animation, aber mitunter stabilisierende Maßnahmen. Der Terminus „Unterstützung der Anpassung“ wurde zur besseren Unterscheidung zwischen Reanimationsmaßnahmen, die Organfunktionen wiederherstellen sollen, und unterstützenden Maßnahmen während der Umstellung des Körpers eingeführt.

- **Abnabeln:** Für unbeeinträchtigte, gesunde Neugeborene wird ein verzögertes Abnabeln, frühestens 1 min nach der Geburt, empfohlen. Dies gilt für reife Neugeborene und Frühgeborene. Für Neugeborene, die Reanimationsmaßnahmen benötigen, können derzeit aufgrund fehlender Daten keine Empfehlungen bezüglich des idealen Zeitpunkts des Abnabelns gegeben werden.
- **Temperatur:** Die Körpertemperatur von nicht asphyktischen Neugeborenen soll zwischen 36,5 und 37,5 °C gehalten werden. Da das Wärmemanagement für gesunde Neugeborene einen großen Einfluss auf Morbidität und Mortalität hat, soll in diesen Leitlinien nochmals besonders darauf hingewiesen werden. Die Körpertemperatur bei Aufnahme soll immer dokumentiert und als Prädiktor für das

Outcome und als Qualitätsmerkmal der Versorgung angesehen werden.

- **Wärmemanagement bei Frühgeborenen:** Bei Frühgeborenen < 32 Schwangerschaftswochen ist eine Kombination von mehreren Maßnahmen notwendig, um nach der Aufnahme und während der Stabilisierung eine Temperatur von 36,5 bis 37,5 °C zu erreichen und aufrechtzuhalten. Dies kann gewärmte und befeuchtete Atemgase, eine Erhöhung der Raumtemperatur und zusätzlich das Einwickeln von Körper und Kopf (unter Aussparung des Gesichtes) in eine Plastikfolie und/oder eine Versorgung auf einer Wärmematte beinhalten. Alle diese Maßnahmen können eine Hypothermie verhindern.
- **Optimale Bestimmung der Herzfrequenz:** Bei Neugeborenen, die Reanimationsmaßnahmen benötigen, wird angeregt, ein EKG zur schnellen und sicheren Bestimmung der Herzfrequenz zu verwenden.
- **Mekonium:** Die tracheale Intubation eines avitalen Neugeborenen mit Mekonium soll nicht mehr routinemäßig, sondern nur noch bei Verdacht auf eine Obstruktion der Trachea durchgeführt werden. Entscheidend ist, bei fehlender oder insuffi-

Die Autoren der Leitlinien gedenken Sam Richmond und danken ihm für seine wertvollen Beiträge zu diesem Kapitel.

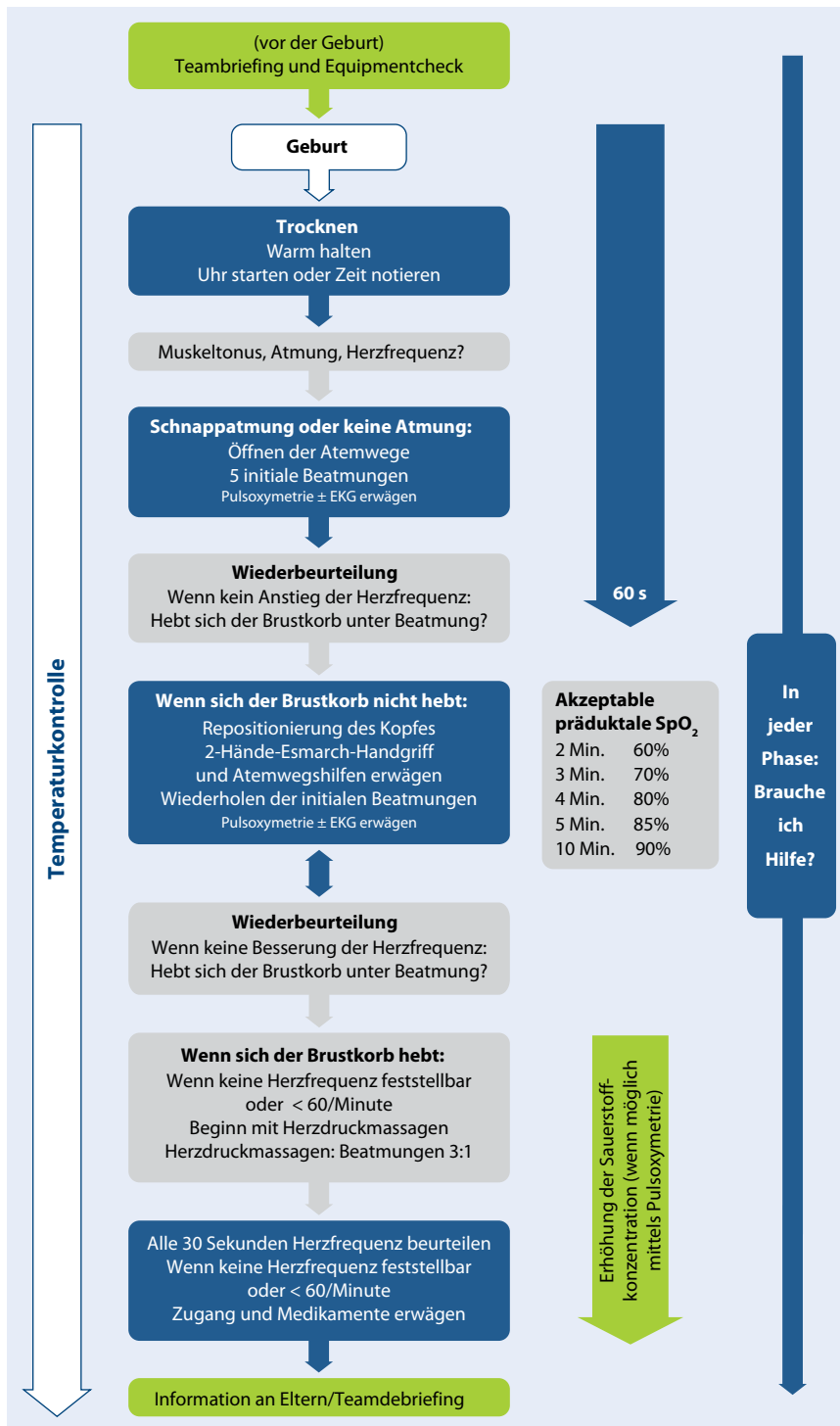


Abb. 1 ▲ Algorithmus der Neugeborenenreanimation

zierter Spontanatmung innerhalb der ersten Lebensminute mit einer Beatmung zu beginnen und dies nicht zu verzögern.

- **Raumluft/Sauerstoff:** Die Beatmung eines reifen Neugeborenen soll mit Raumluft beginnen. Für Frühgebore-

ne kann anfangs ebenfalls Raumluft oder eine geringe Sauerstoffkonzentration (bis 30%) verwendet werden. Wenn es trotz effektiver Beatmungen zu keinem zufriedenstellenden Anstieg der Sauerstoffkonzentration kommt (idealerweise gemessen über

eine Pulsoxymetrie), soll eine Erhöhung der Sauerstoffkonzentration in Erwägung gezogen werden.

- **CPAP:** Für ein spontan atmendes Neugeborenes mit Zeichen einer angestregten Atmung hat eine Atemunterstützung mittels CPAP einen höheren Stellenwert als eine Intubation.

Die vorliegenden Leitlinien definieren sicher nicht den einzig gangbaren Weg für die Reanimation eines Neugeborenen. Vielmehr entsprechen sie einer weit verbreiteten und akzeptierten Auffassung über eine sichere und effektive Durchführung von Reanimationsmaßnahmen nach der Geburt (■ Abb. 1).

## Vorbereitung

Die Anpassung vom fetalen Leben an das Leben nach der Geburt erfordert anatomische und physiologische Veränderungen. Mit dem Ende des intrauterinen Gasaustausches über die Plazenta müssen sich die intrauterin mit Flüssigkeit gefüllten Lungen mit Luft füllen, um den pulmonalen Gasaustausch zu übernehmen. Die Absorption von Fruchtwasser, die Füllung der Lungen mit Luft, die ersten Atemzüge und das Ende der placentaren Versorgung sind die wesentlichen Veränderungen in dieser Phase.

Nur eine sehr geringe Anzahl von Neugeborenen benötigt eine Reanimation nach der Geburt. Allerdings brauchen einige Neugeborene in der oben beschriebenen Anpassungsphase unterstützende Maßnahmen. Werden diese nicht durchgeführt, können als Folge letztlich doch Reanimationsmaßnahmen erforderlich werden. Meistens bestehen diese dann jedoch lediglich in einer kurzen assistierten Belüftung der Lungen. Nur eine kleine Minderheit braucht zusätzlich zur Belüftung der Lungen kurzzeitig Thoraxkompressionen. In einer retrospektiven Studie zeigten 85% der reifen Neugeborenen innerhalb von 10–30 s nach der Geburt eine Spontanatmung, weitere 10% begannen unter Abtrocknen und Stimulation zu atmen, bei etwa 3% setzte eine Spontanatmung letztlich unter Maskenventilation ein. Lediglich 2% mussten zur Atemunterstützung intubiert werden, und bei nur 0,1% waren Thoraxkompres-

sionen und/oder eine Adrenalingabe notwendig [5–7]. Von 97.648 in einem Jahr in Schweden geborenen Babys mit einem Gewicht von über 2500 g waren bei lediglich 10 von 1000 (1%) postnatale Reanimationsmaßnahmen notwendig [8]. In 8 von 1000 Fällen war eine Maskenbeatmung ausreichend, lediglich 2 von 1000 Neugeborenen mussten intubiert werden. Dieselbe Studie untersuchte die Häufigkeit unvorhergesehener Reanimationen nach der Geburt. Bei Neugeborenen mit geringem Risiko (problemlose Entbindung nach der 32. Schwangerschaftswoche) waren lediglich in 2 von 1000 Fällen (0,2%) unterstützende bzw. Reanimationsmaßnahmen notwendig. Von diesen 0,2% sprachen 90% auf eine alleinige Maskenbeatmung an, die übrigen 10% stabilisierten sich nicht unter Maskenbeatmung und wurden daher intubiert. Thoraxkompressionen waren nahezu niemals notwendig.

Das Risiko für Reanimationsmaßnahmen oder stabilisierende Maßnahmen nach der Geburt ist allerdings höher bei einem bereits peripartalen Hinweis auf eine schwerwiegende Beeinträchtigung des Fetus, bei Frühgeborenen unter der 35. Schwangerschaftswoche, bei Zangen- geburten, mütterlichen Infektionen oder Mehrlingsschwangerschaften [9]. Neugeborene nach einer Entbindung per Sectio caesarea, v. a. vor der 39. Schwangerschaftswoche, haben ebenfalls ein höheres Risiko für respiratorische Anpassungsstörungen und benötigen häufiger unterstützende Maßnahmen [10–13]. Elektive Schnittentbindungen am Geburtstermin zeigen bei Fehlen weiterer Risikofaktoren allerdings keine erhöhte Wahrscheinlichkeit für Reanimationsmaßnahmen [14–17].

Da es zwar häufig, aber nicht immer möglich ist, die Notwendigkeit von Reanimationsmaßnahmen vorherzusehen, und prinzipiell jedes Neugeborene während und nach der Geburt Unterstützung benötigen kann, soll bei jeder Geburt in Neugeborenenreanimation trainiertes Personal schnell und leicht verfügbar sein. Bei Risikogeburten muss darüber hinaus speziell neonatologisch ausgebildetes und trainiertes Personal zur Verfügung stehen, und zumindest eine Person muss in der Intubation von Neugeborenen er-

fahren sein. Ist die Reanimation des Neugeborenen notwendig, muss dies die einzige und ausschließliche Aufgabe dieses Teams sein. Basierend auf aktueller Praxis und klinischer Qualitätsprüfung sollen lokale Leitlinien entwickelt werden, die festlegen, welches Personal bei Geburten anwesend sein soll. Jede Institution muss über ein Notfallprotokoll verfügen, das die Alarmierungsstruktur klar regelt und eine schnelle Verfügbarkeit von in Neugeborenenreanimation ausgebildetem und trainiertem Personal zu jeder Zeit ermöglicht. Wann immer die Zeit es erlaubt, soll das versorgende Team zunächst ein Briefing erhalten, und die Rollen im Team sollen eindeutig verteilt werden. Ebenso ist es wichtig, die Eltern auf eine möglicherweise notwendig werdende Reanimation vorzubereiten.

Ein strukturiertes Ausbildungsprogramm für Standards und Fertigkeiten der Neugeborenenreanimation ist daher für jede geburtshilflich tätige Einrichtung unabdingbar. Kontinuierliches Lernen und Praktizieren sind notwendig, um die klinischen Fertigkeiten zu erhalten.

### Geplante Hausgeburten

Von Land zu Land finden sich unterschiedliche Empfehlungen, welche Personen bei einer geplanten Hausgeburt anwesend sein sollen. Ist die Entscheidung für eine geplante Hausgeburt in Abstimmung mit dem Arzt und der Hebamme gefallen, müssen auch hierbei die Standards der Neugeborenenversorgung bezüglich initialer Beurteilung des Neugeborenen, stabilisierender Maßnahmen und einer mitunter notwendigen Reanimation gelten. Bereits bei der Planung einer Hausgeburt muss die werdende Mutter darüber aufgeklärt werden, dass aufgrund der schwierigeren Verfügbarkeit weiterer Hilfe eine Reanimation in häuslicher Umgebung zwangsläufig nicht im vollen Umfang durchgeführt werden kann. Idealerweise sollen bei allen Hausgeburten zwei trainierte professionelle Helfer anwesend sein. Mindestens einer der beiden Helfer muss in der Durchführung von Maskenbeatmung und Thoraxkompressionen bei Neugeborenen gut trainiert und erfahren sein.

### Material und Vorbereitung

Im Gegensatz zu einer Reanimation im Erwachsenenalter ist eine Reanimation nach der Geburt oft ein vorhersehbares Ereignis. Daher ist es meist möglich, Umgebung und Ausrüstung noch vor der Entbindung eines Babys entsprechend vorzubereiten. Die Versorgung eines kritisch kranken Neugeborenen soll in einer warmen, gut beleuchteten und zugluftfreien Umgebung stattfinden. Das Baby soll unter einem Heizstrahler (im klinischen Umfeld) auf eine gerade und glatte Fläche gelegt werden. Sämtliches zur Reanimation notwendige Material muss leicht verfügbar sein. Es muss regelmäßig auf Vollständigkeit und Funktion überprüft werden.

Findet eine Geburt außerhalb der üblichen Entbindungsbereiche statt, soll als Mindestausstattung folgendes Equipment zur Verfügung stehen:

- ein Hilfsmittel zur sicheren, assistierten Beatmung in der passenden Größe für Neugeborene,
- warme, trockene Tücher und Laken,
- sterile Instrumente zum Abklemmen und Durchtrennen der Nabelschnur,
- saubere Handschuhe für alle Versorgenden.

Da unerwartete Geburten außerhalb des klinischen Umfelds vor allem das Personal des Rettungsdienstes betreffen, soll dieses auf die Versorgung von Neugeborenen vorbereitet und trainiert sein.

### Abnabelungszeitpunkt

Neugeborene, deren Nabelschnur vor dem ersten Atemzug abgeklemmt wurde, zeigen in cineradiographischen Studien während der ersten Atemzüge nach der Geburt eine sofortige Verminderung der Herzgröße für die folgenden 3 bis 4 Herzzyklen. Danach wird das Herz wieder größer, etwa entsprechend der Größe des fetalen Herzens. Die initiale Größenabnahme erklärt sich durch eine Verringerung des Lungengefäßwiderstands nach Füllung des nun durchbluteten pulmonalen Gefäßsystems durch die Öffnung der Lungen. Die anschließend zu beobachtende Größenzunahme lässt sich demnach durch das nun von der Lunge zum Her-

zen wieder zurückfließende Blut interpretieren [18]. Brady et al. beschrieben eine Bradykardie bei einem Abklemmen der Nabelschnur vor dem ersten Atemzug. Diese ließ sich bei einem Abklemmen der Nabelschnur erst nach Etablierung der Atmung nicht nachweisen [19]. Entsprechend einer tierexperimentellen Studie mit Lämmern scheint diese Beobachtung auch für Frühgeborene zu gelten [20].

Ein spätes Abnabeln hat in Studien eine Verbesserung des Eisenstatus und weiterer Werte des roten Blutbilds in den ersten 3 bis 6 Monaten postnatal gezeigt. Frühgeborene wiesen eine geringere Transfusionsbedürftigkeit auf [21, 22]. Diese Studien beschreiben ebenfalls bei den spät abgenabelten Kindern die häufigere Notwendigkeit einer Phototherapie im Rahmen einer Hyperbilirubinämie. Das konnte in einer randomisiert-kontrollierten Studie allerdings nicht nachgewiesen werden [21].

Eine systematische Übersicht zum späten Abnabeln und Ausstreifen der Nabelschnur („umbilical cord milking“) bei Frühgeborenen zeigte im Vergleich zur Kontrollgruppe eine verbesserte klinische Stabilisierung in der direkten postnatalen Phase sowie einen höheren mittleren Blutdruck (MAD) und höhere Hämoglobinwerte bei Aufnahme [23]. Außerdem waren bei diesen Kindern in den folgenden Wochen weniger Bluttransfusionen notwendig [23]. Einige Studien scheinen zudem für eine geringere Inzidenz an intraventrikulären Blutungen, dem Auftreten einer Periventrikulären Leukomalazie [22, 24, 25] und Late-onset-Septitiden [24] zu sprechen.

Es gibt bisher keine Humandaten, die den Einfluss eines späten Abnabelns bei reanimationspflichtigen Neugeborenen beschreiben, da diese Kinder aus den entsprechenden Studien immer ausgeschlossen wurden.

Unbeeinträchtigte Neugeborene, die keine Reanimationsmaßnahmen benötigen, sollen daher verzögert, frühestens nach 1 min, abgenabelt werden. Diese Empfehlung gilt auch für stabile Frühgeborene. Bis zur Verfügbarkeit neuer Erkenntnisse sollen Neugeborene, die nicht atmen oder schreien, sofort abgenabelt werden, damit unverzüglich mit effektiven Reanimationsmaßnahmen begonnen

werden kann. Ein Ausstreifen der Nabelschnur nach dem Abnabeln könnte möglicherweise bei diesen Kindern eine sinnvolle Alternative sein, allerdings besteht bisher zu wenig Evidenz, um diese Maßnahme routinemäßig empfehlen zu können [1, 2]. Das Ausstreifen der Nabelschnur im Rahmen einer Sectio caesarea führt zu einer verbesserten hämatologischen Situation in der direkten postnatalen Phase, einer höheren Körpertemperatur bei Aufnahme und einer erhöhten Urinproduktion im Vergleich zu einem verzögerten Abnabeln (>30 s). Bei sponangeborenen Neugeborenen konnte dies allerdings nicht beobachtet werden [26].

## Wärmemanagement

Nackte, feuchte Neugeborene sind in einem Raum, der für Erwachsene angenehm warm erscheint, nicht in der Lage, ihre Körpertemperatur zu halten.

Beeinträchtigte Neugeborene sind bezüglich eines Wärmeverlusts besonders empfindlich [27]. Kälte bedeutet Stress für ein Neugeborenes und führt zu einer verminderten arteriellen Sauerstoffkonzentration [28] sowie einer zunehmenden metabolischen Azidose [29].

Der Zusammenhang zwischen Hypothermie und Mortalität ist seit mehr als einem Jahrhundert bekannt [30]. Dabei ist die Temperatur bei Aufnahme generell ein bedeutender Prädiktor der Mortalität von nicht asphyktischen Neugeborenen jeder Schwangerschaftswoche [31–65]. Frühgeborene sind durch eine Hypothermie besonders gefährdet. Folgen können schwere Komplikationen wie intraventrikuläre Blutungen [35, 42, 55, 66–69], die Notwendigkeit einer Atemunterstützung [31, 35, 37, 66, 70–74] und Hypoglykämien [31, 49, 60, 74–79] sein. Einige Studien zeigen ebenfalls eine erhöhte Inzidenz von Late-onset-Septitiden [49].

Die Temperatur von nicht asphyktischen Neugeborenen soll daher zwischen 36,5 und 37,5°C gehalten werden. Jedes Grad, um das diese Temperatur bei Aufnahme unterschritten wird, bedeutet eine Zunahme der Mortalität um 28% [1, 2, 49]. Die Körpertemperatur bei Aufnahme soll immer dokumentiert werden. Sie ist ein Prädiktor für das Outcome und ein Qualitätsmarker für die Versorgung.

Einem Wärmeverlust soll folgendermaßen vorgebeugt werden:

- Neugeborene sollen vor Zugluft geschützt werden [80]. Fenster müssen geschlossen und Klimaanlage adäquat eingestellt sein [52].
- Das reife Neugeborene wird direkt nach der Geburt sorgfältig abgetrocknet. Um weiteren Wärmeverlust zu vermeiden, werden Kopf und Körper des Neugeborenen, unter Aussparung des Gesichts, mit einem warmen Tuch bedeckt. Alternativ kann das nackte Neugeborene der Mutter auf die Brust gelegt werden, und beide werden mit einem Tuch zugedeckt.
- Der Versorgungsraum soll eine Temperatur zwischen 23 und 25°C haben [1, 2, 48, 80]. Für die Versorgung von Frühgeborenen <28 Schwangerschaftswochen sollte die Raumtemperatur >25°C liegen [27, 48, 79, 81].
- Sind in der Anpassungsphase unterstützende oder Reanimationsmaßnahmen notwendig, wird das Neugeborene unter einem vorgewärmten Heizstrahler auf einer warmen, ebenen Fläche platziert.
- Frühgeborene unter der 32. Schwangerschaftswoche sollen unter Aussparen des Gesichts komplett in eine durchsichtige Plastikfolie gehüllt werden. Dabei wird das Kind vorher nicht abgetrocknet und so eingehüllt unter einem Wärmestrahler platziert [73, 77, 82, 83].
- Bei Frühgeborenen <32. Schwangerschaftswochen ist eine Kombination aus mehreren Maßnahmen notwendig, um während der Aufnahme und Stabilisierung eine Temperatur von 36,5–37,5°C zu erreichen und zu erhalten. Diese Maßnahmen können gewärmte und befeuchtete Atemgase sein, [84, 85] eine Erhöhung der Raumtemperatur in Kombination mit einer zusätzlichen Kopfbedeckung und einer Wärmematte [70, 72, 86, 87] bzw. die alleinige Verwendung einer Wärmematte [88–92]. Alle diese Maßnahmen sollen eine Hypothermie verhindern.
- Für Neugeborene, die außerhalb der üblichen Entbindungsbereiche geboren werden, ist es möglicherweise sinnvoll, sie nach dem Trocknen



zunächst in eine Plastikfolie zu hüllen und diese dann mit Stoffwindeln zu umwickeln [93, 94]. Alternativ können gesunde Neugeborene > 30. Schwangerschaftswochen nach dem Trocknen zugedeckt der Mutter nackt auf die Brust gelegt werden, um die Temperatur während des Transports zu halten [95–101]. (Anmerkung der Übersetzer: In den deutschsprachigen Ländern ist ein Transport des Kindes auf dem Arm der Mutter aus versicherungsrechtlichen Gründen nicht üblich.)

Dem Schutz vor Auskühlung kommt eine besondere Bedeutung zu. Allerdings sollte auch darauf geachtet werden, eine Hyperthermie (> 38 °C) zu vermeiden. Neugeborene fiebernder Mütter haben z. B. eine höhere Wahrscheinlichkeit für ein Atemnotsyndrom, neonatale Krampfanfälle oder Zerebralpareisen und eine höhere frühe Mortalität [102, 103]. In tierexperimentellen Studien konnte zudem gezeigt werden, dass eine Hyperthermie während oder nach einer Ischämie zur Vergrößerung eines Hirnschadens führt [104, 105].

## Initiale Beurteilung

Der APGAR-Score war nie als Hilfsmittel gedacht, um durch die Addition von Zahlenwerten einzelner klinischer Parameter reanimationspflichtige Neugeborene zu identifizieren [106, 107]. Das rasche, simultane Erfassen einzelner Parameter des APGAR-Scores, wie Atemfrequenz, Herzfrequenz und Muskeltonus, ist jedoch hilfreich, um schnell eine Reanimationspflichtigkeit zu erkennen.

Die wiederholte Erhebung der Herzfrequenz, mehr noch als die Beurteilung der Atmung, ist ein guter Parameter, um zu beurteilen, ob sich der Zustand eines Neugeborenen unter den durchgeführten Maßnahmen bessert oder weitere Maßnahmen notwendig sind (Virginia Apgar selbst beschrieb die Herzfrequenz als aussagekräftigsten Parameter für die rasche Erholung eines deprimierten Neugeborenen) [106].

## Atmung

Überprüfen Sie, ob das Neugeborene atmet. Wenn es atmet, beurteilen Sie die Atemfrequenz, die Atemtiefe und ob die Atemexkursionen seitengleich sind. Achten Sie auf Zeichen pathologischer Atemmuster, wie eine Schnappatmung oder Stöhnen (Knorksen).

## Herzfrequenz

Die Herzfrequenz ist der beste klinische Parameter, um den Zustand eines Neugeborenen nach der Geburt zu beurteilen, und zeigt zudem am sensitivsten den Erfolg von unterstützenden Maßnahmen an. Die Herzfrequenz kann initial am schnellsten und zuverlässig durch die Auskultation über der Herzspitze mit dem Stethoskop [108] oder durch ein EKG-Monitoring beurteilt werden [109–112]. Das Tasten des Pulses an der Basis der Nabelschnur ist oft möglich, kann aber durchaus irreführend sein. Zuverlässig beurteilbar ist nur eine getastete Herzfrequenz > 100/min [108]. Eine Beurteilung des klinischen Zustands allein kann zu einer Unterschätzung der Herzfrequenz führen [108, 109, 113]. Für reanimationspflichtige Neugeborene und/oder Neugeborene, die prolongiert beatmet werden müssen, liefern moderne Pulsoxymeter zuverlässige Herzfrequenzwerte [111]. Einige Studien zeigen jedoch, dass ein EKG, gerade in den ersten beiden Minuten nach der Geburt, die korrekte Herzfrequenz schneller und zuverlässiger als eine Pulsoxymetrie anzeigt [110–115]. Das EKG ersetzt jedoch nicht die Beurteilung der Sauerstoffsättigung des Neugeborenen durch eine Pulsoxymetrie.

## Hautkolorit

Das Hautkolorit ist ein schlechter Parameter zur Beurteilung der Oxygenierung [116]. Diese sollte, wenn möglich, mittels Pulsoxymetrie erfasst werden. Ein gesundes Neugeborenes ist unmittelbar nach der Geburt zunächst zyanotisch und wird bei effektiver Spontanatmung innerhalb von 30 s zunehmend rosiger. Eine periphere Zyanose ist häufig und allein für sich kein Zeichen einer Hypoxie. Eine

ausgeprägte, persistierende Blässe – trotz effektiver Ventilationen – kann ein Zeichen einer signifikanten Azidose, seltener auch einer Hypovolämie sein. Auch wenn die optische Beurteilung des Hautkolorits eine schlechte Methode zur Erfassung einer Zyanose ist, sollte sie nicht unterbewertet werden. Wenn Ihnen ein Neugeborenes zyanotisch erscheint, überprüfen Sie daher unbedingt die präduktale Oxygenierung des Neugeborenen durch Anlegen einer Pulsoxymetrie an der rechten Hand.

## Muskeltonus

Ein deutlich hypotones Neugeborenes ist zumeist auch bewusstlos und benötigt respiratorische Unterstützung.

## Taktile Stimulation

Das Abtrocknen des Neugeborenen ist gewöhnlich eine ausreichende Stimulation um eine effektive Spontanatmung anzuregen. Eine übertrieben kräftige Stimulation soll vermieden werden. Entwickelt das Baby unter kurzer taktile Stimulation keine effektive Spontanatmung, sind weitere unterstützende Maßnahmen notwendig.

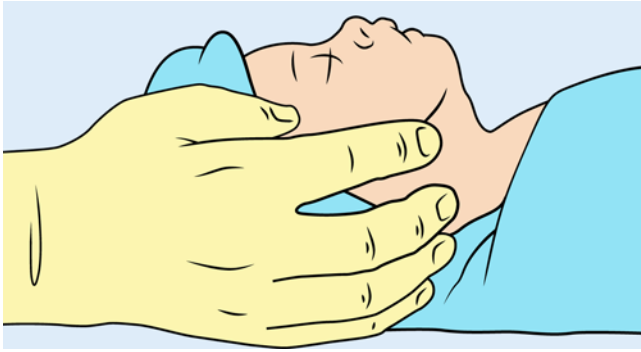
## Einteilung nach der initialen klinischen Beurteilung

Anhand der initialen klinischen Beurteilung lassen sich Neugeborene in drei Gruppen einteilen:

### Gruppe 1

- Suffiziente Atmung/Schreien
- Guter Muskeltonus
- Herzfrequenz > 100/min

Diese Neugeborenen müssen nicht sofort abgenabelt werden. Sie benötigen außer Abtrocknen und Einwickeln in warme Tücher keine weiteren Maßnahmen. Das Neugeborene kann der Mutter übergeben werden. Durch den Hautkontakt mit ihr wird das Baby gewärmt, und beide werden zusätzlich mit einer Decke zugedeckt. Das Neugeborene kann zu diesem Zeitpunkt auch bereits erstmals an die Brust angelegt werden. Während dieser Phase



**Abb. 2** ◀ Neutralposition des Kopfes beim Neugeborenen

muss allerdings unbedingt darauf geachtet werden, dass das Kind nicht auskühlt.

### Gruppe 2

- Insuffiziente Spontanatmung oder Apnoe
- Normaler bis reduzierter Muskeltonus
- Herzfrequenz < 100/min

Diese Neugeborenen werden abgetrocknet und in warme Tücher gewickelt. Meist ist eine kurze Maskenbeatmung ausreichend. Einige Neugeborene benötigen jedoch auch eine längere Maskenbeatmung.

### Gruppe 3

- Insuffiziente Spontanatmung oder Apnoe
- Schlaffer Muskeltonus (floppy)
- Bradykardie oder nicht nachweisbare Herzfrequenz
- Oft ausgeprägte Blässe als Zeichen einer schlechten Perfusion

Diese Neugeborenen werden abgetrocknet und in warme Tücher gewickelt. Sie müssen nach dem Öffnen der Atemwege unverzüglich beatmet werden. Möglicherweise benötigen diese Kinder im weiteren Verlauf auch Thoraxkompressionen, eventuell kann eine Medikamentengabe notwendig sein.

Eine sehr kleine Gruppe von Neugeborenen bleibt trotz adäquater Spontanatmung und guter Herzfrequenz hypoxämisch. Die Diagnosen sind hier vielfältig, infrage kommt z. B. ein kongenitales Vitium cordis, eine konnatale Pneumonie, ein Pneumothorax, eine Zwerchfellhernie oder ein Surfactantmangel.

Frühgeborene atmen zumeist spontan, zeigen aber häufig gleichzeitig Anzeichen

einer Atemnot. Ist dies der Fall, sollen sie zunächst eine Atemunterstützung mittels CPAP („continuous positive airway pressure“) erhalten.

## Die Reanimation des Neugeborenen – Newborn Life Support

Mit Reanimationsmaßnahmen muss begonnen werden, wenn Sie bei der initialen Beurteilung feststellen, dass das Neugeborene keine suffiziente und regelmäßige Spontanatmung entwickelt hat oder die Herzfrequenz unter 100/min liegt (▣ **Abb. 1**).

Meist ist dann nach dem Öffnen der Atemwege lediglich eine kurze Maskenbeatmung notwendig, um die Lungen mit Luft zu füllen. Das Kind erholt sich darunter sofort. Bedenken Sie allerdings, dass alle weiteren Maßnahmen erfolglos bleiben werden, wenn diese ersten beiden Schritte, das Öffnen der Atemwege und die Belüftung der Lunge, nicht erfolgreich durchgeführt wurden.

### Atemwege

Lagern Sie das Neugeborene in Rückenlage mit dem Kopf in Neutralposition (▣ **Abb. 2**). Zur optimalen Lagerung und Stabilisierung des Kopfes in Neutralposition kann die Platzierung eines 2 cm dicken Lakens oder Handtuchs unter den Schultern des Neugeborenen hilfreich sein.

Um die Atemwege eines hypotonen Neugeborenen zu öffnen, kann ein Es-march-Handgriff oder die Verwendung eines oropharyngealen Tubus (Guedel-Tubus) in passender Größe sehr sinnvoll sein. Neugeborene, die beatmet werden,

sollen in Rückenlage versorgt werden. Für die initiale Beurteilung und Routineversorgung im Kreißsaal können reife Neugeborene auch in Seitenlage positioniert werden [117].

Das routinemäßige oropharyngeale Absaugen des Neugeborenen ist nicht in allen Fällen notwendig [118]. Neugeborene müssen nur abgesaugt werden, wenn die Atemwege verlegt sind. Eine solche Verlegung kann aufgrund von Mekonium (selbst wenn das Neugeborene keine Mekoniumablagerungen auf der Haut zeigt), Blutkoageln, zähem Schleim oder Vernix bestehen. Wird ein Neugeborenes abgesaugt, ist zu bedenken, dass zu heftiges oropharyngeales Absaugen das Einsetzen einer suffizienten Spontanatmung verzögern und zu einem Laryngospasmus sowie zu einer vagusinduzierten Bradykardie führen kann [119–121].

### Mekonium

Mehr als 30 Jahre lang bestand die Hoffnung, dass ein Absaugen von Mekonium aus den Atemwegen das Auftreten und den Schweregrad eines Mekoniumaspirationssyndroms (MAS) positiv beeinflussen könnte. Studien, die zu dieser Ansicht beitragen, verglichen das Outcome von Neugeborenen, die abgesaugt wurden, mit historischen Kontrollgruppen [122, 123]. Andere Studien konnten keinerlei Vorteile dieses Vorgehens nachweisen [124, 125].

Leicht grünliches Fruchtwasser ist häufig und muss das versorgende Team im Allgemeinen nicht beunruhigen, da dies zumeist keine Auswirkungen auf die respiratorische Adaptationsphase nach der Geburt hat. Viel seltener findet sich zähes, grünes Fruchtwasser. Dies ist allerdings ein Hinweis für intrauterinen Stress des Neugeborenen und muss das Team immer in Alarmbereitschaft versetzen, da möglicherweise Reanimationsmaßnahmen notwendig werden. Zwei randomisierte Multizenterstudien haben gezeigt, dass die routinemäßige Intubation, verbunden mit einem trachealen Absaugen des vitalen Neugeborenen, die Inzidenz eines MAS nicht reduzieren konnte [126] und dass ein peripartales Absaugen nach Geburt des Kopfes und vor Geburt der Schultern ebenfalls zu keiner Verbesserung des Outcomes führt [127]. Daher wird bei mekoniumhaltigem Fruchtwasser



**Abb. 3** ◀ Maskenventilation des Neugeborenen

ser weder das intrapartale Absaugen noch ein tracheales Einstellen und Absaugen eines vitalen Kindes empfohlen. Eine neue kleine RCT-Studie konnte beim nicht vitalen Neugeborenen keinen Unterschied in der Inzidenz eines MAS zwischen Kindern, die intubiert und tracheal abgesaugt wurden, und solchen, die nicht intubiert und abgesaugt wurden, nachweisen [128].

Handelt es sich um dickes, zähes Mekonium bei einem nicht vitalen Neugeborenen und wird eine Verlegung der Atemwege durch Mekonium vermutet, kann in diesem seltenen Fall eine Inspektion des Oropharynx und ein Absaugen unter Sicht *in Erwägung gezogen werden*. Eine routinemäßige tracheale Intubation wird bei mekoniumhaltigem Fruchtwasser und nicht vitalem Neugeborenen nicht mehr generell empfohlen und soll nur bei Verdacht auf eine wirkliche Obstruktion der Trachea mit Mekonium durchgeführt werden [128–132]. Entscheidend ist in diesen Situationen, bei einem nicht oder insuffizient atmenden Neugeborenen eine Beatmung nicht unnötig zu verzögern, sondern mit dieser bereits innerhalb der ersten Lebensminute zu beginnen. Für das Absaugen eignet sich ein 12–14-Ch-Absaugkatheter oder ein pädiatrischer Jankauer. Der Sog beim Absaugen sollte – 150 mmHg nicht unterschreiten [133]. Eine routinemäßige Surfactantgabe oder eine Lavage mit Kochsalz oder Surfactant wird derzeit nicht empfohlen [134, 135].

### Initiale Beatmungshübe und assistierte Beatmung

Nachdem das Neugeborene abgetrocknet, in Tücher gewickelt und die Atemwege geöffnet wurden, hat bei fehlender oder insuffizienter Spontanatmung die Belüftung der Lungen Priorität und darf nicht verzögert werden (◻ **Abb. 3**). Bei reifen Neugeborenen sollte die Beatmung mit Raumluft begonnen werden [136]. Das wichtigste Kriterium zur Beurteilung einer adäquaten Lungenentfaltung und -belüftung ist dabei der rasche Anstieg der Herzfrequenz. Kommt es zu keinem solchen Anstieg, muss überprüft werden, ob sich der Thorax adäquat hebt und senkt. Bei reifen Neugeborenen führen in der Regel spontane oder assistierte erste Atemzüge rasch zu einer funktionalen Residualkapazität (FRC) [137–141]. Welcher Beatmungsdruck, welche Inspirationszeit und welcher Flow zur Herstellung einer effektiven FRC optimal ist, ist bisher nicht festgelegt worden.

Für die ersten 5 Beatmungen soll der Inspirationsdruck über 2–3 s pro Beatmung konstant gehalten werden. Dies erleichtert im Allgemeinen die Entfaltung der Lunge [137, 142]. Der notwendige Druck zur Entfaltung der mit Flüssigkeit gefüllten Lunge liegt bei Neugeborenen, die Reanimationsmaßnahmen benötigen, zwischen 15 und 30 cm H<sub>2</sub>O (1,5–2,9 kPa), durchschnittlich etwa bei 20 cm H<sub>2</sub>O [137, 141, 142]. Für reife Neugeborene soll daher ein Spitzendruck von 30 cm H<sub>2</sub>O und

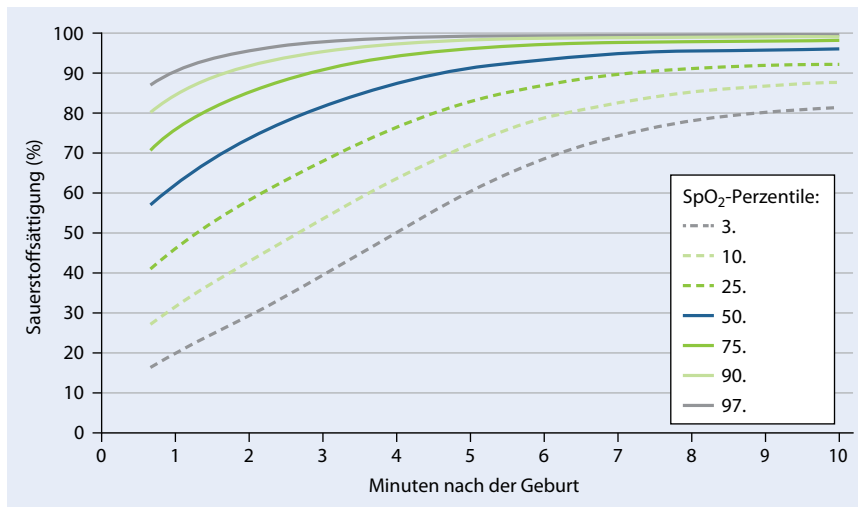
für Frühgeborene von 20–25 cm H<sub>2</sub>O verwendet werden [143, 144].

Die Effektivität dieser ersten Beatmungen zeigt sich am besten an einem prompten Anstieg der Herzfrequenz oder an effektiven Thoraxhebungen. Kommt es nicht zum Anstieg der Herzfrequenz bzw. zu Thoraxhebungen, ist es möglicherweise notwendig, die Kopf- oder Maskenposition zu optimieren, nur selten ist ein höherer Beatmungsdruck notwendig.

Die meisten Neugeborenen, die nach der Geburt beatmet werden müssen, zeigen unter Ventilation der Lungen einen raschen Anstieg der Herzfrequenz, meist innerhalb von 30 s. Steigt die Herzfrequenz an, aber das Neugeborene zeigt keine ausreichende Spontanatmung, wird mit 30 Beatmungen pro Minute weiterbeatmet, bis eine suffiziente Spontanatmung einsetzt. Die Inspirationszeit soll nun für die einzelnen Beatmungshübe bei einer Sekunde liegen.

Eine suffiziente Beatmung zeigt sich in der Regel an einem sofortigen Anstieg der Herzfrequenz bzw. daran, dass sich die Herzfrequenz unter der Beatmung stabil über 100/min hält. Reagiert das Neugeborene nicht entsprechend, liegt die Ursache in den meisten Fällen in einer ungenügenden Öffnung der Atemwege oder einer ineffektiven Beatmung. Achten Sie bei der Beatmung auf Thoraxbewegungen, die eine adäquate Entfaltung der Lungen anzeigen. Hebt sich der Thorax nicht, wurde die Lunge nicht geöffnet. Dies kann an einer Leckage der Beatmungsmaske, einer nicht korrekten Kopfposition oder an einer Obstruktion der Atemwege liegen [145–149]. Positionieren Sie in diesem Fall die Maske neu, um eine Leckage auszuschließen und/oder repositionieren Sie den Kopf des Kindes [145]. Alternativ kann mit Hilfe einer zweiten Person ein Zwei-Hände-Esmarch-Handgriff für die Maskenbeatmung bei reifen Neugeborenen und Frühgeborenen versucht werden, um die Leckage der Maske zu reduzieren [146, 147]. Ohne suffiziente Belüftung der Lungen werden Thoraxkompressionen nicht wirksam sein. Bevor mit diesen begonnen wird, muss daher unbedingt die effektive Ventilation der Lungen sichergestellt sein.

Eine Möglichkeit der Sicherung der Atemwege ist die endotracheale Intubation.



**Abb. 4** ▲ Periphere Sauerstoffsättigung. Gesunde Neugeborene ohne medizinische Intervention. (Mit freundl. Genehmigung von Dawson et al. [157])

Diese benötigt jedoch Übung und Erfahrung. Ist niemand anwesend, der eine Intubation bei einem Neugeborenen durchführen kann, und kommt es zu keiner Stabilisierung der Herzfrequenz, muss erneut die Kopfposition überprüft und nochmals Beatmungen mit verlängerter Inspirationszeit durchgeführt werden. Währenddessen soll ein Helfer mit ausreichender Intubationserfahrung zur Hilfe gerufen werden. Fahren Sie mit der Beatmung fort, bis das Neugeborene eine suffiziente, regelmäßige Spontanatmung zeigt.

### Verlängerte Inspirationen (SI – „sustained inflations“) > 5 s

Einige tierexperimentelle Studien haben einen positiven Effekt auf die Bildung der funktionalen Residualkapazität gezeigt, wenn die Inspirationszeit während der initialen Beatmungen auf mehr als 2–3 s verlängert wurde [150, 151]. Bei Durchsicht aller Studien bis 2015 finden sich drei RCT-Studien [152–154] und zwei Kohortenstudien, [144, 155], die zeigen konnten, dass bei deutlich verlängerten Inspirationszeiten seltener eine mechanische Beatmung notwendig war. Allerdings führte dies weder zu einer reduzierten Mortalität noch zur Verringerung einer bronchopulmonalen Dysplasie oder der Pneumothoraxwahrscheinlichkeit. Eine Kohortenstudie konnte zeigen, dass nach verlängerten Inspirationen seltener intubiert werden musste [144]. Bisher fehlen allerdings

Daten über die generelle Sicherheit, Details über die optimale Länge der verlängerten Inspirationen, den optimalen Beatmungsdruck und die Langzeiteffekte von verlängerten Inspirationen. Daher waren die COSTR-Mitglieder der Meinung, dass eine generelle Empfehlung für verlängerte Inspirationen (> 5 s) in der Phase direkt nach der Geburt zum jetzigen Zeitpunkt nicht ausgesprochen werden kann [1, 2].

Verlängerte Inspirationen (> 5 s) sollten derzeit nur als Einzelfallentscheidung oder im Rahmen von Studien erwogen werden.

### Raumluft/Sauerstoff

**Reife Neugeborene.** Eine Beatmung von reifen Neugeborenen soll immer mit einer Sauerstoffkonzentration von 21 % und nicht mit 100 % begonnen werden. Kommt es trotz effektiver Beatmung zu keinem Anstieg der Herzfrequenz oder einer zufriedenstellenden Sauerstoffsättigung (idealerweise gemessen über eine Pulsoxymetrie), soll eine Erhöhung der Sauerstoffkonzentration in Erwägung gezogen werden, um eine adäquate präduktale Sättigung (Anmerkung der Übersetzer: gemessen an der rechten Hand) zu erreichen [156, 157]. Hohe Sauerstoffkonzentrationen sind mit einer erhöhten Mortalität und dem verzögerten Einsetzen der Spontanatmung verbunden [158]. Wird Sauerstoff in höherer Konzentration

verwendet, soll diese daher so schnell wie möglich wieder reduziert werden [136, 159].

**Frühgeborene.** Für Frühgeborene vor der 35. Schwangerschaftswoche soll initial Raumluft oder eine niedrige Sauerstoffkonzentration (21–30 %) verwendet werden [1, 2, 136, 160]. Sauerstoff soll so titriert werden, dass akzeptable präduktale Sauerstoffkonzentrationen erreicht werden, etwa der 25. Perzentile gesunder reifer Neugeborener direkt nach der Geburt entsprechend [156, 157] (■ **Abb. 4**).

Eine Metaanalyse von 7 randomisierten Studien, die den Start von Reanimationsmaßnahmen mit einer hohen Sauerstoffkonzentration (> 65 %) und einer geringen Sauerstoffkonzentration (21–30 %) verglichen hat, konnte keine Verbesserung in Bezug auf Überlebensrate [159, 161–166], bronchopulmonale Dysplasie [159, 162, 164–166], intraventrikuläre Blutungen (IVH) [159, 162, 165, 166] oder Frühgeborenenretinopathie (ROP) [159, 162, 166] bei der Verwendung von höher konzentriertem Sauerstoff zeigen. Allerdings zeigten sich erhöhte Marker eines oxidativen Stresses [159].

**Pulsoxymetrie.** Eine moderne Pulsoxymetrie, mit neonatologischen Sensoren, erlaubt eine zuverlässige Anzeige der Herzfrequenz und der peripheren Sättigung innerhalb von 1–2 min nach der Geburt (■ **Abb. 4**) [167, 168]. Zuverlässige präduktale Sättigungswerte lassen sich bei über 90 % der gesunden Neugeborenen, etwa 80 % der Frühgeborenen und 80–90 % der Neugeborenen, die Reanimationsmaßnahmen benötigten, innerhalb von 2 min nach der Geburt ableiten [167]. Unbeeinträchtigte, reife Neugeborene haben unter der Geburt eine arterielle Sauerstoffsättigung ( $S_pO_2$ ) von etwa 60 % (gemessen auf Normalhöhennull) [169]. Diese steigt innerhalb von 10 min auf Werte über 90 % an (■ **Abb. 4**; [156]). Die 25. Perzentile der postnatalen  $S_pO_2$ -Werte liegt bei etwa 40 % bei Geburt und steigt in der zehnten Lebensminute auf etwa 80 % [157]. Neugeborene, die durch Kaiserschnitt entbunden [170], in größerer Höhe geboren [171] oder spät abgenabelt werden, zeigen noch niedrigere



Werte [172]. Frühgeborene benötigen teilweise mehr Zeit, um  $S_{pO_2}$ -Werte über 90% zu erreichen [157].

Die Pulsoxymetrie soll in der Neugeborenenversorgung eingesetzt werden, um exzessive Sauerstoffgaben zu vermeiden und die Sauerstofftherapie sinnvoll steuern zu können. Periphere Sättigungen über den angestrebten Werten sollen daher prompt zur Reduktion der Sauerstoffkonzentration führen.

### Positiver endexpiratorischer Druck (PEEP)

Neugeborene und Frühgeborene, die trotz initialer Beatmungen zum Öffnen der Lunge keine Spontanatmung entwickeln, müssen weiter beatmet werden. Frühgeborene sollen dann mit einem positiven endexpiratorischen Druck (PEEP) von etwa 5 cm  $H_2O$  beatmet werden [173].

Tierexperimentelle Studien zeigen, dass hohe Tidalvolumen schon bei den ersten Beatmungen nach der Geburt zu einer Schädigung der frühgeborenen Lunge führen können [174]. Die Applikation eines PEEP direkt nach der Geburt scheint dagegen vor Lungenschädigung zu schützen [175, 176]. Andere Studien bestätigten diesen positiven Effekt hingegen nicht [177]. Eine PEEP-Applikation erleichtert allerdings das Öffnen der Lunge, verbessert die Lungencompliance und den Gasaustausch [178–180]. Zwei RCT-Studien mit Neugeborenen konnten keine Verbesserung der Mortalität, keine geringere Wahrscheinlichkeit einer Reanimation und keine seltenere Inzidenz einer bronchopulmonalen Dysplasie zeigen, wobei diese Studien nicht genug statistische Aussagekraft bezüglich dieser Outcome-Parameter hatten [181, 182]. Allerdings schien bei einer dieser Studien der zusätzlich notwendige Sauerstoffbedarf unter PEEP-Gabe geringer zu sein [182].

### Hilfsmittel zur assistierten Beatmung

Effektive Beatmungen lassen sich mit einem Beutel, dessen Füllung abhängig vom Gasfluss ist (Anästhesiebeutel – Anmerkung der Übersetzer), mit einem sich selbst füllenden Beatmungsbeutel oder

mit einem T-Stück-System, das eine Regulierung des applizierten Spitzendrucks erlaubt, erreichen [181–185]. Selbstfüllende Beatmungsbeutel besitzen Überdruckventile, die sich, abhängig vom Gasfluss, öffnen. Unter brusker Beatmung kann der applizierte Beatmungsdruck allerdings durchaus den vom Hersteller angegebenen Spitzendruck übersteigen [186, 187]. Die Verwendung eines Systems mit T-Stückerlaubt im Gegensatz zu herkömmlichen Beatmungsbeuteln eine bessere Kontrolle des applizierten Spitzendrucks und des Tidalvolumens, außerdem erleichtert es die Beatmung mit verlängerten Inspirationszeiten [187–190]. Allerdings ist die klinische Bedeutung dieser Beobachtungen noch nicht eindeutig klar. Es erfordert mehr Übung, einen ausreichenden Beatmungsdruck mithilfe eines anästhesiologischen Beutels (dessen Füllung abhängig vom Gasfluss ist) zu erreichen als mit einem selbstfüllenden Beatmungsbeutel [191]. Sowohl Anästhesiebeutel als auch selbstfüllende Beatmungsbeutel sowie mechanische T-Stück-Modelle sind so konstruiert, dass sich ein bestimmter Beatmungsdruck applizieren und begrenzen lässt. Sie sind daher prinzipiell alle zur Beatmung von Neugeborenen geeignet. Allerdings können nur selbstfüllende Beatmungsbeutel auch ohne Gasfluss verwendet werden. Diese sind jedoch nicht für eine Atemunterstützung mittels CPAP und kaum für eine Beatmung mit PEEP geeignet, selbst wenn sie ein sogenanntes „PEEP-Ventil“ besitzen [189, 192–195].

Mithilfe von Atemfunktionsmonitoren lassen sich Beatmungsdruck und Tidalvolumen messen und anzeigen [189, 192–195], mit einer  $CO_2$ -Messung kann man ausgeatmetes  $CO_2$  bestimmen [197, 198]. Diese Monitore wurden bei der Versorgung von Neugeborenen bereits verwendet, um Beatmungen zu beurteilen; allerdings gibt es bisher keine Daten darüber, ob deren Verwendung zu einer Outcome-Verbesserung führt. Bisher ist ebenso unklar, ob die Verwendung solcher Monitore einen Vorteil gegenüber der alleinigen klinischen Beurteilung von Beatmungen bedeutet oder ob die Verwendung möglicherweise mit Risiken verbunden ist. Studien, die eine Messung des expiratorischen  $CO_2$  im Zusammenhang mit an-

deren Hilfsmitteln zur Beatmung (z. B. Wendl Tuben, Larynxmasken) untersucht haben, gibt es bisher ebenfalls nicht.

### Beatmungsmaske im Vergleich zu nasalen Prongs

Bei der Verwendung einer Beatmungsmaske bei Neugeborenen kann das Abdichten mitunter zu Problemen führen [145–148]. Um dies zu vermeiden, werden in einigen Institutionen nasopharyngeale Prongs bzw. ein nasopharyngealer Tubus für die Beatmung verwendet. Zwei randomisierte Studien bei Frühgeborenen konnten allerdings keinen Unterschied beider Methoden bezüglich der Effektivität der Beatmung nachweisen [199, 200].

### Larynxmasken (LMA)

Eine Larynxmaske kann für die Beatmung eines Neugeborenen verwendet werden, vor allem wenn eine Maskenbeatmung oder auch eine Intubation nicht gelingt oder nicht möglich ist. Sie kann bei Neugeborenen >2000 g bzw.  $\geq 34$  Schwangerschaftswochen als Alternative zu einer Maskenbeatmung in Erwägung gezogen werden [201]. In einer kürzlich publizierten ungeblindeten RCT-Studie führte das Training mit einem Modell einer Larynxmaske dazu, dass weniger Intubationen nötig waren und eine geringere Zahl von Neugeborenen auf die Intensivstation aufgenommen werden mussten im Vergleich zu Neugeborenen, die maskenbeatmet wurden [201]. Allerdings gibt es bisher nur wenig Evidenz für eine Verwendung in der Gruppe der Neugeborenen <2000 g bzw. <34 Schwangerschaftswochen. Eine Larynxmaske kann auch als Alternative für eine Intubation bei Neugeborenen >2000 g bzw.  $\geq 34$  Schwangerschaftswochen in Erwägung gezogen werden [201–206]. Sie wird für die Beatmung von Früh- und Neugeborenen  $\geq 34$  Schwangerschaftswochen empfohlen, wenn eine Intubation nicht gelingt oder nicht möglich ist. Allerdings wurde die Verwendung einer Larynxmaske noch nicht im Rahmen von Geburten mit mekoniumhaltigem Fruchtwasser, während der Durchführung von Thoraxkompressionen oder für die notfallmäßige intratracheale Gabe von Medikamenten untersucht.

**Tab. 1** Tubustiefe bei oraler Intubation im Verhältnis zur Gestationswoche

Gestationswoche	Tubustiefe ab Unterlippe (in cm)
23–24	5,5
25–26	6,0
27–29	6,5
30–32	7,0
33–34	7,5
35–37	8,0
38–40	8,5
41–43	9,0

### Endotracheale Intubation

Eine endotracheale Intubation (■ Tab. 1) kann zu unterschiedlichen Zeitpunkten während einer Neugeborenenreanimation in Erwägung gezogen werden:

- wenn ein Absaugen der unteren Atemwege bei Verdacht auf eine tracheale Verlegung notwendig ist,
- wenn sich das Neugeborene trotz Repositionierung des Kopfes und/oder der Maske weiter nicht maskenbeatmen lässt oder eine längere Beatmungsdauer abzusehen ist,
- wenn Thoraxkompressionen durchgeführt werden,
- in speziellen Situationen (wie z. B. bei einer kongenitalen Zwerchfellhernie oder für eine tracheale Surfactantgabe).

Die Intubation und der ideale Zeitpunkt dazu werden von den Fähigkeiten und der Erfahrung des versorgenden Teams abhängig sein. Die entsprechende Tubustiefe in Abhängigkeit von der Gestationswoche (Anmerkung der Übersetzer: bei oraler Intubation) findet sich in ■ Tab. 1 [207]. An dieser Stelle soll darauf hingewiesen werden, dass die Stimmbandmarkierungen, die die korrekte Intubationstiefe erleichtern sollen, von Hersteller zu Hersteller beträchtlich variieren [208].

Die endotracheale Tubuslage und die Intubationstiefe müssen bei der Intubation unter direkter Sicht überprüft werden. Ein prompter Anstieg der Herzfrequenz nach der Intubation unter Beatmung ist ein gutes Zeichen für die endotracheale Tubuslage [209]. Der Nachweis

von CO<sub>2</sub> in der Ausatemluft ist ebenfalls eine effektive Methode zum Nachweis der endotrachealen Tubuslage bei Neugeborenen, selbst bei sehr kleinen Frühgeborenen (VLBW, „very low birth weight infants“) [210–213]. Mehrere Neonatalstudien zeigen, dass der Nachweis von ausgeatmetem CO<sub>2</sub> unter Spontankreislauf schneller und zuverlässiger eine tracheale Tubuslage anzeigt, als dies durch eine klinische Beurteilung allein möglich ist [212–214]. Lässt sich kein CO<sub>2</sub> nachweisen, macht dies eine ösophageale Tubuslage sehr wahrscheinlich [210, 212]. Allerdings wurden im Herz-Kreislauf-Stillstand [210] und bei sehr kleinen Frühgeborenen (VLBW) falsch-negative Ergebnisse trotz beschriebener Effektivität der Methode berichtet [215]. Neugeborene, die intensive Reanimationsmaßnahmen benötigten, wurden aus den Studien ausgeschlossen. Falsch-positive Ergebnisse sind bei kolorimetrischen CO<sub>2</sub>-Detektoren möglich, wenn diese mit Adrenalin, Surfactant oder Atropin in Kontakt kommen [198].

Eine zu geringe oder fehlende pulmonale Perfusion oder eine Obstruktion der Trachea kann, trotz korrekter endotrachealer Tubuslage, einen Nachweis von ausgeatmetem CO<sub>2</sub> verhindern. Bei fast allen Patienten, die sich nicht im Kreislaufstillstand befinden, kann eine endotracheale Tubuslage durch den Nachweis von expiratorischem CO<sub>2</sub> korrekt nachgewiesen werden [211]. Bei einem kritisch kranken Neugeborenen mit reduziertem Herzminutenvolumen kann der fehlende CO<sub>2</sub>-Nachweis unter Umständen allerdings zu einer unnötigen Extubation führen. Weitere klinische Zeichen einer korrekten Tubuslage sind das Beschlagen des Tubusinneren während der Expiration und das Heben und Senken des Brustkorbs während der Beatmung, allerdings wurde dies bisher nicht systematisch bei Neugeborenen untersucht.

Der Nachweis von CO<sub>2</sub> in der Ausatemluft in Ergänzung zur klinischen Beurteilung wird als zuverlässigste Methode empfohlen, um bei Neugeborenen mit Spontankreislauf die tracheale Tubuslage nachzuweisen [3, 4].

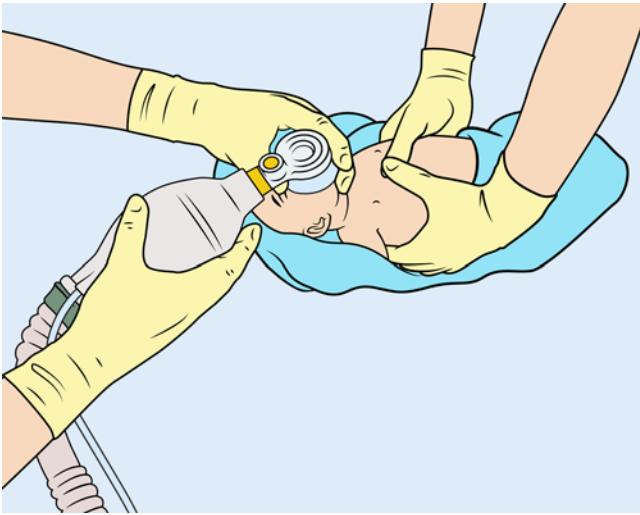
### Kontinuierlicher positiver Atemwegsdruck (CPAP)

Spontan atmende Frühgeborene, die Atemnot zeigen, sollten eher eine Atemunterstützung mittels CPAP erhalten, als intubiert zu werden. Drei RCT-Studien mit insgesamt 2358 Frühgeborenen <30 Schwangerschaftswochen haben gezeigt, dass CPAP gegenüber initialer Intubation mit folgender Beatmung vorteilhaft ist, um Intubationshäufigkeit und Beatmungsdauer zu reduzieren. Im Kurzzeit-Outcome zeigten sich zudem keine Nachteile [216–218]. Bisher gibt es nur wenige Daten für die Verwendung von CPAP bei reifen Neugeborenen nach der Geburt, und es werden weitere Studien notwendig [219, 220].

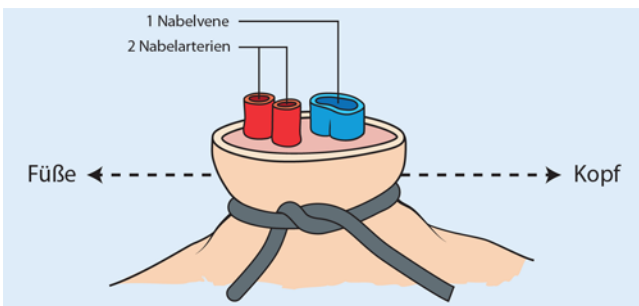
### Kreislaufunterstützung

Eine Unterstützung des Kreislaufs durch Thoraxkompressionen kann nur wirksam sein, wenn die Lunge zuvor erfolgreich belüftet wurde. Beginnen Sie mit Thoraxkompressionen, wenn die Herzfrequenz trotz effektiver Beatmung unter 60/min liegt. Effektive Beatmungen sind die wichtigste und häufig einzig notwendige Maßnahme für die erfolgreiche Reanimation eines Neugeborenen. Da eine Beatmung allerdings durch Thoraxkompressionen behindert werden kann, ist es entscheidend, zunächst sicherzustellen, dass sie effektiv ist, bevor Thoraxkompressionen durchgeführt werden.

Die effektivste Technik für Thoraxkompressionen beim Neugeborenen ist die 2-Daumen-Technik. Platzieren Sie hierfür zwei Daumen nebeneinander über dem unteren Drittel des Brustbeins. Umgreifen Sie mit den Fingern den gesamten Brustkorb und unterstützen Sie so den Rücken des Kindes (■ Abb. 5; [221–224]). Mit der 2-Daumen-Technik können ein höherer systemischer Blutdruck und ein höherer koronarer Perfusionsdruck als mit der in den Leitlinien 2010 ebenfalls noch empfohlenen 2-Finger-Technik erreicht werden. Außerdem ist diese Technik weniger ermüdend [222–234]. In einer Simulationsstudie mit Reanimationspuppen führte das Platzieren der Daumen über-



**Abb. 5** ◀ Beatmungen und Thoraxkompressionen beim Neugeborenen



**Abb. 6** ◀ Nabelschnur mit zwei Arterien und einer Vene

einander zu effektiveren Thoraxkompressionen als das Platzieren der Daumen nebeneinander, allerdings führte es zu schnellerer Ermüdung [235]. Das Brustbein soll um ein Drittel des anterioposterioren Thoraxdurchmessers komprimiert werden und muss nach jeder Kompression wieder in seine Ausgangsposition zurückehren [225, 236–240].

Führen Sie Thoraxkompressionen und Beatmungen in einem Verhältnis von 3:1 durch. Bei einer Kompressionsfrequenz von etwa 120/min können etwa 90 Kompressionen und 30 Beatmungen pro Minute erreicht werden [241–246]. Eine gegenüber der Kompressionsphase gering verlängerte Relaxationsphase bietet theoretische Vorteile [247]. Letztlich ist die Qualität der Druckmassagen und der Beatmungen allerdings wahrscheinlich entscheidender als deren Frequenz. In jedem Fall sollen Thoraxkompressionen und Beatmungen koordiniert durchgeführt werden, um zu vermeiden, dass sie zusammentreffen [248]. Da in den meisten Fällen ein behinderter pulmonaler Gasaustausch die eigentliche Ursache für eine Kreislaufinsuffizienz beim Neugeborenen

ist, wird für die Reanimation direkt nach der Geburt weiter ein Kompressions-Ventilations-Verhältnis von 3:1 empfohlen. Besteht der Verdacht auf eine kardiale Ursache für die Reanimationspflichtigkeit, kann das versorgende Team zugunsten der Thoraxkompressionen auch z. B. ein Verhältnis von 15 Thoraxkompressionen zu 2 Beatmungen erwägen.

Werden für die Reanimation eines Neugeborenen Thoraxkompressionen notwendig, wurde bis dahin wahrscheinlich mit einer niedrigen Sauerstoffkonzentration beatmet. Es erscheint dann im Verlauf durchaus plausibel zu sein, die Sauerstoffkonzentration auf 100 % zu erhöhen. Allerdings gibt es keine Studien am Menschen, die dieses Vorgehen unterstützen. Tierexperimentelle Studien hingegen zeigen keinen Vorteil von Beatmungen mit 100 % Sauerstoff während einer Reanimation [249–255].

Überprüfen Sie nach 30 s Thoraxkompressionen und Ventilationen und im weiteren Verlauf regelmäßig die Herzfrequenz. Beenden Sie die Thoraxkompressionen erst, wenn die Herzfrequenz über 60/min liegt. Die Messung von CO<sub>2</sub>

in der Ausatemluft und die der peripheren Sättigung mittels Pulsoxymetrie haben sich in Studien als sinnvoll erwiesen, um eine Wiederherstellung eines Spon-tankreislaufs festzustellen [256–260], allerdings gibt es derzeit keine ausreichende Evidenz, um eine bestimmte Monitoring-Methode für den klinischen Gebrauch zu empfehlen [1, 2].

## Medikamente

Die Gabe von Medikamenten ist bei der Reanimation eines Neugeborenen nur sehr selten erforderlich. Eine Bradykardie wird beim Neugeborenen in den meisten Fällen entweder durch eine inadäquate Ventilation oder eine schwere Hypoxie verursacht. Die wichtigste Maßnahme zur Behebung der Bradykardie ist daher eine effektive Beatmung. Bleibt die Herzfrequenz trotz suffizienter Beatmungen und schließlich Thoraxkompressionen und Beatmungen im Wechsel unter 60/min, soll die Gabe von Medikamenten erwogen werden. Diese sollen idealerweise über einen Nabelvenenkatheter gegeben werden (▣ Abb. 6).

## Adrenalin

Auch wenn die Datenlage aus Studien am Menschen nicht eindeutig ist, scheint die Verwendung von Adrenalin sinnvoll, wenn die Herzfrequenz trotz adäquater Beatmung und suffizienter Thoraxkompressionen nicht über 60/min ansteigt. Die empfohlene intravenöse Dosis beträgt 10 µg/kg KG (0,1 ml/kg KG der 1:10.000-Lösung) und soll so schnell wie möglich intravenös verabreicht werden. [1, 2, 4] Sind weitere Gaben notwendig, sollen in der Folge 10–30 µg/kg KG (0,1–0,3 ml/kg KG der 1:10.000-Lösung) pro Dosis verabreicht werden.

Eine endotracheale Verabreichung wird nicht empfohlen. Wird Adrenalin dennoch endotracheal gegeben, sind sehr wahrscheinlich Dosen von 50–100 µg/kg KG notwendig [3, 7, 136, 261–265]. Allerdings wurde bisher weder die Sicherheit noch die Effektivität dieser höheren endotrachealen Dosis untersucht. Die hohe Dosis darf in keinem Fall intravenös gegeben werden.

## Natriumbikarbonat

Kommt es unter suffizienter Beatmung und effektiven Thoraxkompressionen nicht wieder zu einem Spontankreislauf, lässt sich die Myokardfunktion möglicherweise durch die Korrektur einer bestehenden myokardialen Azidose verbessern und so ein Spontankreislauf herstellen. Um eine Routinegabe von Natriumbikarbonat während der Reanimation eines Neugeborenen zu empfehlen, fehlen die entsprechenden Daten. Natriumbikarbonat ist hyperosmolar und führt zu einer Kohlendioxidfreisetzung. Dies kann die myokardiale und zerebrale Funktion beeinträchtigen. Während einer kurzen Reanimation wird die Gabe von Natriumbikarbonat daher nicht empfohlen. Im Rahmen eines prolongierten Kreislaufstillstands, der auf andere Maßnahmen nicht reagiert, soll die Gabe von Natriumbikarbonat nur unter effektiven Ventilationen und Thoraxkompressionen erwogen werden. Natriumbikarbonat kann unter diesen Umständen langsam intravenös in einer Dosis von 1–2 mmol/kg KG gegeben werden.

## Flüssigkeitsgabe

Bei Verdacht auf einen neonatalen Blutverlust oder Zeichen eines Schocks (Blässe, schlechte periphere Durchblutung, schwache Pulse) soll eine Flüssigkeitsgabe erwogen werden, wenn das Neugeborene auf adäquate Reanimationsmaßnahmen nicht anspricht [266]. Dies ist allerdings sehr selten der Fall. Ist bei einem Blutverlust kein geeignetes Blut verfügbar (d. h. bestrahltes, leukozytendepletiertes, 0-Rh-negatives Erythrozytenkonzentrat), sind zur Erhöhung des intravasalen Volumens isotonisch-kristalloide Lösungen albuminhaltigen vorzuziehen, um das intravasale Volumen zu erhöhen. Initial soll ein Flüssigkeitsbolus von 10 ml/kg KG verabreicht werden. Zeigt diese Maßnahme Erfolg, können im Verlauf eventuell wiederholte Bolusgaben notwendig sein, um die Verbesserung zu erhalten. Bei der Stabilisierung oder Reanimation von Frühgeborenen sind selten Flüssigkeitsbolusgaben notwendig. Eine schnelle Gabe von großen Volumenmengen ist hier mit intraventrikulären und pulmonalen Blutungen assoziiert.

## Beendigung von bzw. Verzicht auf Reanimationsmaßnahmen

Mortalität und Morbidität von Neugeborenen variieren je nach Region und Verfügbarkeit von medizinischen Ressourcen [267]. Sozialwissenschaftliche Studien zeigen, dass Eltern sich generell eine bessere Einbindung in Entscheidungsprozesse bezüglich des Beginns oder auch des Fortführens bzw. der Beendigung von lebenserhaltenden Maßnahmen bei schwer beeinträchtigten Neugeborenen wünschen [268]. Dabei gibt es unterschiedliche Auffassungen bei medizinischem Personal, Eltern und in der Gesellschaft über Vor- und Nachteile der medizinischen Therapie und wie weit Intensivmedizin generell bei schwerstkranken Neugeborenen gehen sollte [269, 270]. Lokale Überlebens- und Outcome-Daten stellen daher wichtige Parameter für eine seriöse Beratung von Eltern dar. Von Bedeutung scheinen klare institutionelle Richtlinien über das Vorgehen an der Grenze der Lebensfähigkeit zu sein. Eine aktuelle Studie konnte bei Bestehen klarer Richtlinien eine Outcome-Verbesserung der überlebenden Kinder zeigen [271].

### Beendigung von Reanimationsmaßnahmen

Regionale und nationale Gremien legen Empfehlungen zur Beendigung von Reanimationsmaßnahmen fest. Ist bei einem gerade geborenen Kind keine Herzfrequenz nachweisbar und ist sie auch nach 10 min Reanimationsmaßnahmen nicht nachweisbar, kann es angemessen sein, eine Beendigung der Wiederbelebensmaßnahmen zu erwägen. Die Entscheidung, ob eine Reanimation nach 10 min ohne erkennbare Herzfrequenz fortgeführt wird, ist oft komplex und wird durch die weiteren Umstände bestimmt. Es fließen eine Vielzahl von Variablen ein, wie die Ätiologie des Kreislaufstillstands, das Gestationsalter, die Aussicht auf Reversibilität des Zustands, die Verfügbarkeit therapeutischer Hypothermie und zuvor von den Eltern geäußerte Ansichten über ein vertretbares Risiko einer Morbidität des Kindes [267, 272–276]. Die Entscheidung soll daher individuell getroffen werden. Liegt die Herzfrequenz nach der Geburt unter 60/min und kommt es trotz ad-

äquater Reanimationsmaßnahmen nach 10 bis 15 min nicht zu einem signifikanten Anstieg der Herzfrequenz, ist die Entscheidung zur Fortführung oder Beendigung dieser Maßnahmen deutlich schwieriger. Für diese Situation gibt es keine ausreichenden Daten über die Prognose eines Kindes, um klare Empfehlungen für ein Weiterführen oder einen Abbruch der Reanimationsmaßnahmen zu geben.

### Verzicht auf Reanimationsmaßnahmen

Es gibt Umstände, bei welchen die Prognose eines Neugeborenen mit einer hohen Mortalität und einem schlechten Outcome verbunden ist. Hier kann es vertretbar sein, auf Reanimationsmaßnahmen zu verzichten, insbesondere dann, wenn die Gelegenheit zur vorherigen Beratung mit den Eltern besteht [38, 272, 277–282]. Leider gibt es derzeit keine Evidenz für die Verwendung der verfügbaren prognostischen Scores auf alleiniger Grundlage des Gestationsalters für Frühgeborene < 25 Gestationswochen.

Jeder Fall muss daher vom geburtshilflichen und neonatologischen Team individuell betrachtet werden und es ist wichtig Entscheidungen in schlüssiger und koordinierter Vorgehensweise gemeinsam mit den Eltern zu treffen [283]. Eine Reanimation nicht zu beginnen oder lebenserhaltende Maßnahmen während oder nach einer Reanimation zu beenden, wird im Allgemeinen als ethisch gleichwertige Entscheidung angesehen. Daher sollte nicht gezögert werden, lebenserhaltende Maßnahmen auch im weiteren Verlauf noch zu beenden, wenn ein Überleben ohne schwerste funktionelle Störungen unwahrscheinlich ist. Die folgenden Leitlinien müssen vor dem Hintergrund regional unterschiedlicher Daten zum Outcome interpretiert werden:

- Reanimationsmaßnahmen sollten nicht begonnen werden, wenn Gestationsalter, Geburtsgewicht und/oder kongenitale Fehlbildungen mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit mit einem frühen Tod verbunden sind und die sehr wenigen Überlebenden eine inakzeptabel hohe Morbidität aufweisen [38, 277, 284]. Beispiele aus der publizierten Literatur wären z. B. Frühgeborene



mit einem Gestationsalter unter 23 Schwangerschaftswochen und/oder einem Geburtsgewicht unter 400 g sowie Anomalien wie eine Aneuploidie oder eine nachgewiesene Trisomie 13 oder 18.

- Der Beginn von Reanimationsmaßnahmen ist fast immer angezeigt, wenn eine hohe Überlebensrate und eine vertretbare Morbidität wahrscheinlich sind. Darunter fallen grundsätzlich Frühgeborene ab der 25. Gestationswoche (es sei denn, es bestehen Hinweise auf schwerwiegende fetale Probleme, wie eine schwere intrauterine Infektion oder eine Hypoxie bzw. Ischämie) sowie die Mehrzahl der kongenitalen Fehlbildungen.
- Ist die Prognose für ein Kind aufgrund einer grenzwertigen Überlebensrate mit relativ hoher Morbidität ungewiss und sind die für das Kind anzunehmenden Belastungen hoch, sollten die Wünsche der Eltern bezüglich einer Reanimation berücksichtigt und unterstützt werden [283].
- Wird entschieden, eine Reanimation nicht zu beginnen oder zu beenden, steht für das Kind und die Familie nun ein Sterben ohne Schmerzen und in Würde im Vordergrund der Betreuung.

### Kommunikation mit den Eltern

Das versorgende Team soll die Eltern unbedingt über den Zustand des Neugeborenen im Verlauf unterrichten. Halten Sie sich bei der Geburt an lokale Absprachen, und übergeben Sie das Neugeborene so frühzeitig wie möglich der Mutter. Sind Reanimationsmaßnahmen notwendig, sollen die Eltern über die durchgeführte Behandlung und die Gründe dafür aufgeklärt werden.

Die europäischen Leitlinien unterstützen die Anwesenheit der Eltern während einer Reanimation [285]. In den letzten Jahren machen medizinische Teams mehr und mehr von dieser Empfehlung Gebrauch, und Familienangehörige bekommen zunehmend die Möglichkeit, bei der Reanimation ihres Kindes dabei zu bleiben. Dies gilt im Besonderen auch für die Reanimation im Kreißsaal bzw.

Sectio-OP. Dem Wunsch der Eltern, bei Reanimationsmaßnahmen dabei zu sein, soll daher, wann immer dies möglich ist, nachgekommen werden [286].

Dabei sollen die Mitglieder des versorgenden Teams gemeinsam mit der Familie ohne Zwang oder Druck entscheiden, welche Personen während der Reanimation dabei sein können. Es wird empfohlen, dass ein Teammitglied während der Reanimationsmaßnahmen ausschließlich für die Betreuung der Familienmitglieder zuständig ist. Ist das nicht möglich, bedeutet dies allerdings nicht zwangsläufig, dass sie nicht anwesend sein können. Mit den engsten Familienmitgliedern soll (gerade bei einem negativen Ausgang der Reanimation) umgehend gesprochen werden, und sie sollen die Möglichkeit bekommen, Fragen über Details des Verlaufs der Reanimation stellen zu können. Außerdem sollten sie über Möglichkeiten weiterer Unterstützung informiert werden [286].

In die Entscheidung, ob und wann eine Neugeborenenreanimation beendet wird, soll idealerweise ein erfahrener Kinderarzt eingebunden sein. Ob Reanimationsmaßnahmen bei extremer Frühgeburtlichkeit eingeleitet werden, soll – wann immer möglich – in enger Abstimmung zwischen Eltern, erfahrenen Kinderärzten und Geburtshelfern erfolgen. Sind bei einem Kind bereits pränatal z. B. schwere angeborene Fehlbildungen bekannt, sollen die entsprechenden Therapiemöglichkeiten und die weitere Prognose bereits vor der Geburt mit Eltern, Hebammen, Geburtshelfern und erstversorgendem Team besprochen werden [283].

Alle Gespräche und Entscheidungen müssen vor der Geburt sorgfältig im Krankenblatt der Schwangeren und postnatal im Krankenblatt des Neugeborenen dokumentiert werden.

### Weitere Versorgung nach erfolgreicher Reanimation („post-resuscitation care“)

Auch nach anfänglicher Stabilisierung können sich Neugeborene nach einer Reanimation im weiteren Verlauf erneut klinisch verschlechtern. Sobald Atmung und Kreislauf stabilisiert sind, muss das Neugeborene an einem Ort verbleiben oder dorthin verlegt werden, an dem eine eng-

maschige Überwachung und weitere intensivmedizinische Therapie erfolgen kann.

### Glukose

In einem tierexperimentellen Asphyxie- und Reanimationsmodell war eine Hypoglykämie mit einem schlechten neurologischen Outcome assoziiert [287]. Neugeborene Tiere, die während eines anoxischen oder hypoxisch-ischämischen Insults hypoglykämisch waren, zeigten im Verlauf größere zerebrale Infarktareale und/oder eine geringere Überlebensrate als die Kontrollgruppe [288, 289]. Eine klinische Studie konnte nachweisen, dass eine Hypoglykämie im Rahmen einer perinatalen Asphyxie mit einem schlechten neurologischen Outcome verbunden ist [290]. Bei Erwachsenen, Kindern und extrem unreifen Neugeborenen, die intensivmedizinisch versorgt werden, ist dagegen eine Hyperglykämie ebenfalls mit einem schlechten Outcome verbunden [288–292]. Eine Hyperglykämie, speziell nach einem hypoxisch-ischämischen Ereignis bei pädiatrischen Patienten, scheint allerdings nicht schädlich zu sein [293]. Dies unterstützen Erkenntnisse aus tierexperimentellen Studien, [294] manche dieser Studien scheinen sogar auf einen protektiven Effekt einer Hyperglykämie in diesen Fällen hinzuweisen [295]. Trotzdem ermöglicht die verfügbare Datenlage keine Festlegung eines Blutglukosebereichs, der mit einer geringstmöglichen Hirnschädigung nach Asphyxie und Reanimation verbunden wäre. Bei Neugeborenen, die reanimiert wurden, sollen die Blutglukosespiegel daher überwacht und im Normbereich gehalten werden.

### Therapeutische Hypothermie

Reifgeborenen und nahezu reifen Neugeborenen mit moderater bis schwerer hypoxisch-ischämischer Enzephalopathie soll, wenn möglich, eine therapeutische Hypothermie geboten werden [296–301]. Sowohl eine komplette Körperkühlung als auch eine selektive Kopfkühlung sind hierfür geeignete Methoden. Für den Beginn und die Durchführung einer Kühlung sollen definierte standardisierte Protokolle verwendet werden. Die Therapie erfolgt auf einer neonatologischen Intensivstation in Zusammenarbeit mit einem

multidisziplinären Team. Die Behandlungsprotokolle sollten den in den randomisierten Studien verwendeten Studienprotokollen entsprechen (u. a. Beginn innerhalb von 6 h postnatal, Kühlungsdauer 72 h, Wiedererwärmung über mindestens 4 h). Tiermodelle zeigen deutlich, dass die Effektivität der Kühlung durch einen frühzeitigen Beginn günstig beeinflusst wird. Für eine Kühlung, die erst nach 6 h postnatal bei einem Neugeborenen begonnen wird, gibt es keine Hinweise auf Effektivität. Eine Kühlung dennoch nach der 6. Stunde zu beginnen, liegt im Ermessen des behandelnden Teams unter Berücksichtigung der individuellen Situation. Bekannte Nebenwirkungen einer therapeutischen Kühlung, wie Thrombozytopenie und Hypotension, müssen engmaschig überwacht werden. Alle mit Hypothermie behandelten Neugeborenen sollten ein Follow-up in einer neonatologischen Nachsorge erhalten.

### Prognostische Hilfsmittel

Der APGAR-Score war als „*einfache, gebräuchliche, eindeutige Klassifikation des Neugeborenen nach der Geburt*“ gedacht und sollte „*als Diskussionsgrundlage und zum Vergleich verschiedener geburtshilflicher Praktiken, Verfahren zur mütterlichen Schmerztherapie und zur Beurteilung der Effektivität von Reanimationsmaßnahmen*“ dienen (Betonung durch die Autoren) [106]. Auch wenn der APGAR-Score weiterhin im klinischen Alltag, für wissenschaftliche Studien und als prognostisches Hilfsmittel verwendet wird [302], wird seine Eignung durch die hohe inter- und intrapersonelle Variabilität bei seiner Erhebung zunehmend infrage gestellt. Zum Teil lässt sich dies durch das fehlende Einverständnis erklären, wie die Therapie und wie Frühgeburtlichkeit in den APGAR-Score einfließen sollen. Eine Weiterentwicklung des APGAR-Scores soll daher in folgende Richtung erfolgen: Alle Parameter sollen anhand des tatsächlichen klinischen Zustands, unabhängig von den durchgeführten medizinischen Maßnahmen, gewertet werden, und die Bewertung soll der besonderen klinischen Situation bei Frühgeburtlichkeit Rechnung tragen. Zusätzlich sollen auch die medizinischen Maßnahmen, die zum Erreichen der klinischen Situation

notwendig waren, bewertet werden. Dieser „kombinierte“ APGAR-Score scheint eine bessere prognostische Aussagekraft bei Früh- und reifen Neugeborenen zu haben [303, 304].

### Briefing/Debriefing

Im Vorfeld einer Reanimation sollten die Zuständigkeiten der einzelnen Teammitglieder festgelegt werden. Im Anschluss an eine Neugeborenenversorgung sollen die Ereignisse in positiver und konstruktiver Weise im Team nachbesprochen werden. Gerade nach dramatischen Ereignissen soll Teammitgliedern immer auch die Möglichkeit einer psychologischen Unterstützung angeboten werden. In Studien konnte ein genereller positiver Effekt von Briefings und Debriefings auf die zukünftige Team-Performance nachgewiesen werden [305–310]. Allerdings handelte es sich bei diesen Studien häufig um Untersuchungen im Rahmen von Simulationstrainings. Versorgungen im Kreißsaal bzw. Sectio-OP zu filmen und diese nachzubesprechen, scheint ebenfalls eine sehr vielversprechende Methode für die Verbesserung der Versorgungsqualität zu sein [311]. Es konnte gezeigt werden, dass eine strukturierte Analyse des gesamten perinatalen Managements mit Feedback zu einer Verbesserung des Outcomes und weniger intraventrikulären Blutungen bei Frühgeborenen führen [312].

Unabhängig vom Ausgang einer Reanimation kann das Miterleben der Wiederbelebung des eigenen Neugeborenen ein traumatisierendes Erlebnis für Eltern sein. Wann immer die Notwendigkeit von Reanimationsmaßnahmen im Vorfeld einer Versorgung zu erwarten ist, sollen Eltern daher darauf vorbereitet werden. Sie sollen möglichst engmaschig Informationen über den Verlauf erhalten und in jedem Fall sobald als möglich nach der Reanimation über Einzelheiten informiert werden. Idealerweise werden diese Informationen von erfahrenen Mitarbeitern übermittelt. Der frühestmögliche Kontakt zwischen Eltern und Kind hat größte Bedeutung.

### Korrespondenzadresse

#### J. Wyllie

Abteilung für Neonatologie  
The James Cook University Hospital  
Middlesbrough  
Jens.Schwindt@simcharacters.com

### Korrespondierende Übersetzer

#### Dr. Jens-Christian Schwindt

Facharzt für Kinder- und Jugendheilkunde  
Pädiatrische Simulation und Patientensicherheit  
Jens.Schwindt@simcharacters.com

#### Dr. Ulrich Kreth

Klinik für Kinder- und Jugendmedizin  
Allgemeines Krankenhaus Viersen GmbH  
Hoserkirchweg 63, 41747 Viersen  
kreth@akh-viersen.de

### Einhaltung ethischer Richtlinien

**Interessenkonflikt.** C.C. Rohr erhält Lehrgelder von Fischer & Paykel und ist medizinischer Berater für STEPHAN company; M.Rüdiger ist Ehrensprecher von Chiesi, Lyomark und erhält Forschungsgelder SLE device; J. Wyllie, B. Uriesberger, D.Trevisanuto und J. Bruinenberg geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht

Dieser Beitrag beinhaltet keine Studien an Menschen oder Tieren.

### Literatur

1. Wyllie J, Jos Bruinenberg J, Roehr CC, Rüdiger M, Trevisanuto D (2015) B. U. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015 Section 7 Resuscitation and Support of Transition of Babies at Birth. Resuscitation
2. Perlman JM, Wyllie J, Kattwinkel J et al (o J) Part 7: Neonatal resuscitation: 2015 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations. Circulation (In press)
3. Richmond S, Wyllie J (2010) European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 7. Resuscitation of babies at birth. Resuscitation 81:1389–1399
4. Wyllie J, Perlman JM, Kattwinkel J et al (2010) Part 11: Neonatal resuscitation: 2010 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science with Treatment Recommendations. Resuscitation 81(Suppl 1):e260–e287
5. Ersdal HL, Mduma E, Svensen E, Perlman JM (2012) Early initiation of basic resuscitation interventions including face mask ventilation may reduce birth asphyxia related mortality in low-income countries: a prospective descriptive observational study. Resuscitation 83:869–873

6. Perlman JM, Risser R (1995) Cardiopulmonary resuscitation in the delivery room: associated clinical events. *Arch Pediatr Adolesc Med* 149:20–25
7. Barber CA, Wyckoff MH (2006) Use and efficacy of endotracheal versus intravenous epinephrine during neonatal cardiopulmonary resuscitation in the delivery room. *Pediatrics* 118:1028–1034
8. Palme-Kilander C (1992) Methods of resuscitation in low-Apgar-score newborn infants – a national survey. *Acta Paediatr* 81:739–744
9. Aziz K, Chadwick M, Baker M, Andrews W (2008) Ante- and intra-partum factors that predict increased need for neonatal resuscitation. *Resuscitation* 79:444–452
10. Yee W, Amin H, Wood S (2008) Elective cesarean delivery, neonatal intensive care unit admission, and neonatal respiratory distress. *Obstet Gynecol* 111:823–828
11. Chiosi C (2013) Genetic drift. Hospital deliveries. *Am J Med Genet A* 161A:2122–2123
12. Ertugrul S, Gun I, Mungen E, Muhcu M, Kilic S, Atay V (2013) Evaluation of neonatal outcomes in elective repeat cesarean delivery at term according to weeks of gestation. *J Obstet Gynaecol Res* 39:105–112
13. Berthelot-Ricou A, Lacroze V, Courbiere B, Guidicelli B, Gamberre M, Simeoni U (2013) Respiratory distress syndrome after elective caesarean section in near term infants: a 5-year cohort study. *J Matern Fetal Neonatal Med* 26:176–182
14. Gordon A, McKechnie EJ, Jeffery H (2005) Pediatric presence at cesarean section: justified or not? *Am J Obstet Gynecol* 193:599–605
15. Atherton N, Parsons SJ, Mansfield P (2006) Attendance of paediatricians at elective Caesarean sections performed under regional anaesthesia: is it warranted? *J Paediatr Child Health* 42:332–336
16. Annibale DJ, Hulsey TC, Wagner CL, Southgate WM (1995) Comparative neonatal morbidity of abdominal and vaginal deliveries after uncomplicated pregnancies. *Arch Pediatr Adolesc Med* 149:862–867
17. Parsons SJ, Sonneveld S, Nolan T (1998) Is a paediatrician needed at all Caesarean sections? *J Paediatr Child Health* 34:241–244
18. Peltonen T (1981) Placental transfusion – advantage an disadvantage. *Eur J Pediatr* 137:141–146
19. Brady JP, James LS (1962) Heart rate changes in the fetus and newborn infant during labor, delivery, and the immediate neonatal period. *Am J Obstet Gynecol* 84:1–12
20. Polglase GR, Dawson JA, Kluckow M et al (2015) Ventilation onset prior to umbilical cord clamping (physiological-based cord clamping) improves systemic and cerebral oxygenation in preterm lambs. *PLoS one* 10:e0117504
21. Strauss RG, Mock DM, Johnson KJ et al (2008) A randomized clinical trial comparing immediate versus delayed clamping of the umbilical cord in preterm infants: short-term clinical and laboratory endpoints. *Transfusion* 48:658–665
22. Rabe H, Reynolds G, Diaz-Rossello J (2008) A systematic review and meta-analysis of a brief delay in clamping the umbilical cord of preterm infants. *Neonatology* 93:138–144
23. Ghavam S, Batra D, Mercer J et al (2014) Effects of placental transfusion in extremely low birthweight infants: meta-analysis of long- and short-term outcomes. *Transfusion* 54:1192–1198
24. Mercer JS, Vohr BR, McGrath MM, Padbury JF, Wallach M, Oh W (2006) Delayed cord clamping in very preterm infants reduces the incidence of intraventricular hemorrhage and late-onset sepsis: a randomized, controlled trial. *Pediatrics* 117:1235–1242
25. Kugelman A, Borenstein-Levin L, Riskin A et al (2007) Immediate versus delayed umbilical cord clamping in premature neonates born < 35 weeks: a prospective, randomized, controlled study. *Am J Perinatol* 24:307–315
26. Katheria AC, Truong G, Cousins L, Oshiro B, Finer NN (2015) Umbilical cord milking versus delayed cord clamping in preterm infants. *Pediatrics* 136:61–69
27. Dahm LS, James LS (1972) Newborn temperature and calculated heat loss in the delivery room. *Pediatrics* 49:504–513
28. Stephenson J, Du J, TK O (1970) The effect if cooling on blood gas tensions in newborn infants. *J Pediatr* 76:848–852
29. Gandy GM, Adamsons K Jr, Cunningham N, Silverman WA, James LS (1964) Thermal environment and acid-base homeostasis in human infants during the first few hours of life. *J Clin Invest* 43:751–758
30. Budin P, The Nursling (1907) The feeding and hygiene of premature and full-term infants. Translation by WJ Maloney. The Caxton Publishing Company, London
31. Abd-El Hamid S, Badr-El Din MM, Dabous NI, Saad KM (2012) Effect of the use of a polyethylene wrap on the morbidity and mortality of very low birth weight infants in Alexandria University Children's Hospital. *J Egypt Public Health Assoc* 87:104–108
32. Acolet D, Elbourne D, McIntosh N et al (2005) Project 27/28: inquiry into quality of neonatal care and its effect on the survival of infants who were born at 27 and 28 weeks in England, Wales, and Northern Ireland. *Pediatrics* 116:1457–1465
33. Bateman DA, O'Bryan L, Nicholas SW, Heagarty MC (1994) Outcome of unattended out-of-hospital births in Harlem. *Arch Pediatr Adolesc Med* 148:147–152
34. Bhoopalam PS, Watkinson M (1991) Babies born before arrival at hospital. *Br J Obstet Gynaecol* 98:57–64
35. Boo NY, Guat-Sim Cheah I, Malaysian National Neonatal Registry (2013) Admission hypothermia among VLBW infants in Malaysian NICUs. *J Trop Pediatr* 59:447–452
36. Buetow KC, Kelein SW (1964) Effects of maintenance of „normal“ skin temperature on survival of infants of low birth weight. *Pediatrics* 33:163–169
37. Costeloe K, Hennessy E, Gibson AT, Marlow N, Wilkinson AR (2000) The EPICure study: outcomes to discharge from hospital for infants born at the threshold of viability. *Pediatrics* 106:659–671
38. Costeloe KL, Hennessy EM, Haider S, Stacey F, Marlow N, Draper ES (2012) Short term outcomes after extreme preterm birth in England: comparison of two birth cohorts in 1995 and 2006 (the EPICure studies). *BMJ* 345:e7976
39. da Mota Silveira SM, Goncalves de Mello MJ, de Arruda Vidal S, de Frias PG, Cattaneo A (2003) Hypothermia on admission: a risk factor for death in newborns referred to the Pernambuco Institute of Mother and Child Health. *J Trop Pediatr* 49:115–120
40. Daga AS, Daga SR, Patole SK (1991) Determinants of death among admissions to intensive care unit for newborns. *J Trop Pediatr* 37:53–56
41. de Almeida MF, Guinsburg R, Sancho GA et al (2014) Hypothermia and early neonatal mortality in preterm infants. *J Pediatr* 164:271–275e1
42. Garcia-Munoz Rodrigo F, Rivero Rodriguez S, Siles Quesada C (2014) [Hypothermia risk factors in the very low weight newborn and associated morbidity and mortality in a neonatal care unit]. *An Pediatr (Barc)* 80:144–150
43. Harms K, Osmer R, Kron M et al (1994) [Mortality of premature infants 1980–1990: analysis of data from the Gottingen perinatal center]. *Z Geburtshilfe Perinatol* 198:126–133
44. Hazan J, Maag U, Chessex P (1991) Association between hypothermia and mortality rate of premature infants – revisited. *Am J Obstet Gynecol* 164:111–112
45. Jones P, Alberti C, Jule L et al (2011) Mortality in out-of-hospital premature births. *Acta Paediatr* 100:181–187
46. Kalimba E, Ballot D (2013) Survival of extremely low-birth-weight infants. *S Afr J Child Health* 7(1):13–16
47. Kambarami R, Chidede O (2003) Neonatal hypothermia levels and risk factors for mortality in a tropical country. *Cent Afr J Med* 49:103–106
48. Kent AL, Williams J (2008) Increasing ambient operating theatre temperature and wrapping in polyethylene improves admission temperature in premature infants. *J Paediatr Child Health* 44:325–331
49. Laptook AR, Salhab W, Bhaskar B, Neonatal Research Network (2007) Admission temperature of low birth weight infants: predictors and associated morbidities. *Pediatrics* 119:e643–e649
50. Lee HC, Ho QT, Rhine WD (2008) A quality improvement project to improve admission temperatures in very low birth weight infants. *J Perinatol* 28:754–758
51. Levi S, Taylor W, Robinson LE, Levy LI (1984) Analysis of morbidity and outcome of infants weighing less than 800 grams at birth. *South Med J* 77:975–978
52. Manani M, Jegatheesan P, DeSandre G, Song D, Showalter L, Govindaswami B (2013) Elimination of admission hypothermia in preterm very low-birth-weight infants by standardization of delivery room management. *Perm J* 17:8–13
53. Manji KP, Kisenge R (2003) Neonatal hypothermia on admission to a special care unit in Dar-es-Salaam, Tanzania: a cause for concern. *Cent Afr J Med* 49:23–27
54. Mathur NB, Krishnamurthy S, Mishra TK (2005) Evaluation of WHO classification of hypothermia in sick extramural neonates as predictor of fatality. *J Trop Pediatr* 51:341–345
55. Miller SS, Lee HC, Gould JB (2011) Hypothermia in very low birth weight infants: distribution, risk factors and outcomes. *J Perinatol* 31(Suppl 1):S49–S56
56. Mullany LC, Katz J, Khatri SK, LeClerq SC, Darmstadt GL, Tielsch JM (2010) Risk of mortality associated with neonatal hypothermia in southern Nepal. *Arch Pediatr Adolesc Med* 164:650–656
57. Nayeri F, Nili F (2006) Hypothermia at birth and its associated complications in newborn infants: a follow up study. *Iranian J Public Health* 35(1):48–52
58. Obladen M, Heemann U, Hennecke KH, Hanssler L (1985) [Causes of neonatal mortality 1981–1983: a regional analysis]. *Z Geburtshilfe Perinatol* 189:181–187

59. Ogunlesi TA, Ogunfowora OB, Adekanmbi FA, Fetuga BM, Olanrewaju DM (2008) Point-of-admission hypothermia among high-risk Nigerian newborns. *BMC Pediatr* 8:40
60. Pal DK, Manandhar DS, Rajbhandari S, Land JM, Patel N, de L Costello AM (2000) Neonatal hypoglycaemia in Nepal 1. Prevalence and risk factors. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 82:F46–F51
61. Shah S, Zemichael O, Meng HD (2012) Factors associated with mortality and length of stay in hospitalised neonates in Eritrea, Africa: a cross-sectional study. *BMJ Open* 2. doi:10.1136/bmjopen-2011-000792
62. Singh A, Yadav A, Singh A (2012) Utilization of postnatal care for newborns and its association with neonatal mortality in India: an analytical appraisal. *BMC Pregnancy Childbirth* 12:33
63. Sodemann M, Nielsen J, Veirum J, Jakobsen MS, Biai S, Aaby P (2008) Hypothermia of newborns is associated with excess mortality in the first 2 months of life in Guinea-Bissau, West Africa. *Trop Med Int Health* 13:980–986
64. Stanley FJ, Alberman EV (1978) Infants of very low birthweight. I: perinatal factors affecting survival. *Dev Med Child Neurol* 20:300–312
65. Wyckoff MH, Perlman JM (2004) Effective ventilation and temperature control are vital to outborn resuscitation. *Prehosp Emerg Care* 8:191–195
66. Bartels DB, Kreienbrock L, Dammann O, Wenzlaff P, Poets CF (2005) Population based study on the outcome of small for gestational age newborns. *Arch Dis Childh Fetal Neonatal Ed* 90:F53–F59
67. Carroll PD, Nankervis CA, Giannone PJ, Cordero L (2010) Use of polyethylene bags in extremely low birth weight infant resuscitation for the prevention of hypothermia. *J Reprod Med* 55:9–13
68. Gleissner M, Jorch G, Avenarius S (2000) Risk factors for intraventricular hemorrhage in a birth cohort of 3721 premature infants. *J Perinat Med* 28:104–110
69. Herting E, Speer CP, Harms K et al (1992) Factors influencing morbidity and mortality in infants with severe respiratory distress syndrome treated with single or multiple doses of a natural porcine surfactant. *Biol Neonate* 61(Suppl 1):26–30
70. DeMauro SB, Douglas E, Karp K et al (2013) Improving delivery room management for very preterm infants. *Pediatrics* 132:e1018–e1025
71. Harms K, Herting E, Kron M, Schill M, Schiffmann H (1997) [Importance of pre- and perinatal risk factors in respiratory distress syndrome of premature infants. A logical regression analysis of 1100 cases]. *Z Geburtshilfe Neonatol* 201:258–262
72. Lee HC, Powers RJ, Bennett MV et al (2014) Implementation methods for delivery room management: a quality improvement comparison study. *Pediatrics* 134:e1378–e1386
73. Reilly MC, Vohra S, Rac VE et al (2015) Randomized trial of occlusive wrap for heat loss prevention in preterm infants. *J Pediatr* 166:262–268e2
74. Zayeri F, Kazemnejad A, Ganjali M, Babaei G, Khanafshar N, Nayeri F (2005) Hypothermia in Iranian newborns. Incidence, risk factors and related complications. *Saudi Med J* 26:1367–1371
75. Anderson S, Shakya KN, Shrestha LN, Costello AM (1993) Hypoglycaemia: a common problem among uncomplicated newborn infants in Nepal. *J Trop Pediatr* 39:273–277
76. Lazic-Mitrovic T, Djukic M, Cutura N et al (2010) [Transitory hypothermia as early prognostic factor in term newborns with intrauterine growth retardation]. *Srp Arh Celok Lek* 138:604–608
77. Lenclen R, Mazraani M, Jugie M et al (2002) [Use of a polyethylene bag: a way to improve the thermal environment of the premature newborn at the delivery room]. *Arch Pediatr* 9:238–244
78. Sasidharan CK, Gokul E, Sabitha S (2004) Incidence and risk factors for neonatal hypoglycaemia in Kerala, India. *Ceylon Med J* 49:110–113
79. Mullany LC (2010) Neonatal hypothermia in low-resource settings. *Semin Perinatol* 34:426–433
80. World Health Organization (1997) Department of Reproductive Health and Research (RHR) Thermal protection of the newborn: a practical guide (WHO/RHT/MSM/97.2) Geneva
81. Dahm LS, James LS (1972) Newborn temperature and calculated heat loss in the delivery room. *Pediatrics* 49:504–513
82. Vohra S, Frent G, Campbell V, Abbott M, Whyte R (1999) Effect of polyethylene occlusive skin wrapping on heat loss in very low birth weight infants at delivery: a randomized trial. *J Pediatr* 134:547–551
83. Bjorklund LJ, Hellstrom-Westas L (2000) Reducing heat loss at birth in very preterm infants. *J Pediatr* 137:739–740
84. Meyer MP, Payton MJ, Salmon A, Hutchinson C, de Klerk A (2001) A clinical comparison of radiant warmer and incubator care for preterm infants from birth to 1800 grams. *Pediatrics* 108:395–401
85. te Pas AB, Lopriore E, Dito I, Morley CJ, Walther FJ (2010) Humidified and heated air during stabilization at birth improves temperature in preterm infants. *Pediatrics* 125:e1427–e1432
86. Russo A, McCreedy M, Torres L et al (2014) Reducing hypothermia in preterm infants following delivery. *Pediatrics* 133:e1055–e1062
87. Pinheiro JM, Furdon SA, Boynton S, Dugan R, Reu-Donlon C, Jensen S (2014) Decreasing hypothermia during delivery room stabilization of preterm neonates. *Pediatrics* 133:e218–e226
88. McCarthy LK, Molloy EJ, Twomey AR, Murphy JF, O'Donnell CP (2013) A randomized trial of exothermic mattresses for preterm newborns in polyethylene bags. *Pediatrics* 132:e135–e141
89. Billimoria Z, Chawla S, Bajaj M, Natarajan G (2013) Improving admission temperature in extremely low birth weight infants: a hospital-based multi-intervention quality improvement project. *J Perinat Med* 41:455–460
90. Chawla S, Amaram A, Gopal SP, Natarajan G (2011) Safety and efficacy of Trans-warmer mattress for preterm neonates: results of a randomized controlled trial. *J Perinatol* 31:780–784
91. Ibrahim CP, Yoxall CW (2010) Use of self-heating gel mattresses eliminates admission hypothermia in infants born below 28 weeks gestation. *Eur J Pediatr* 169:795–799
92. Singh A, Duckett J, Newton T, Watkinson M (2010) Improving neonatal unit admission temperatures in preterm babies: exothermic mattresses, polythene bags or a traditional approach? *J Perinatol* 30:45–49
93. Belsches TC, Tilly AE, Miller TR et al (2013) Randomized trial of plastic bags to prevent term neonatal hypothermia in a resource-poor setting. *Pediatrics* 132:e656–e661
94. Leadford AE, Warren JB, Manasyan A et al (2013) Plastic bags for prevention of hypothermia in preterm and low birth weight infants. *Pediatrics* 132:e128–e134
95. Bergman NJ, Linley LL, Fawcus SR (2004) Randomized controlled trial of skin-to-skin contact from birth versus conventional incubator for physiological stabilization in 1200- to 2199-gram newborns. *Acta paediatrica* 93:779–785
96. Fardig JA (1980) A comparison of skin-to-skin contact and radiant heaters in promoting neonatal thermoregulation. *J Nurse Midwifery* 25:19–28
97. Christensson K, Siles C, Moreno L et al (1992) Temperature, metabolic adaptation and crying in healthy full-term newborns cared for skin-to-skin or in a cot. *Acta paediatrica* 81:488–493
98. Christensson K (1996) Fathers can effectively achieve heat conservation in healthy newborn infants. *Acta Paediatr* 85:1354–1360
99. Bystrova K, Widstrom AM, Matthiesen AS et al (2003) Skin-to-skin contact may reduce negative consequences of „the stress of being born“: a study on temperature in newborn infants, subjected to different ward routines in St. Petersburg. *Acta Paediatr* 92:320–326
100. Nimbalkar SM, Patel VK, Patel DV, Nimbalkar AS, Sethi A, Phatak A (2014) Effect of early skin-to-skin contact following normal delivery on incidence of hypothermia in neonates more than 1800 g: randomized control trial. *J Perinatol* 34:364–368
101. Marin Gabriel MA, Llana Martin I, Lopez Escobar A, Fernandez Villalba E, Romero Blanco I, Touza Pol P (2010) Randomized controlled trial of early skin-to-skin contact: effects on the mother and the newborn. *Acta Paediatr* 99:1630–1634
102. Lieberman E, Eichenwald E, Mathur G, Richardson D, Heffner L, Cohen A (2000) Intrapartum fever and unexplained seizures in term infants. *Pediatrics* 106:983–988
103. Grether JK, Nelson KB (1997) Maternal infection and cerebral palsy in infants of normal birth weight. *JAMA* 278:207–211
104. Coimbra C, Boris-Moller F, Drake M, Wieloch T (1996) Diminished neuronal damage in the rat brain by late treatment with the antipyretic drug dipyron or cooling following cerebral ischemia. *Acta Neuropathol* 92:447–453
105. Dietrich WD, Alonso O, Halley M, Busto R (1996) Delayed posttraumatic brain hyperthermia worsens outcome after fluid percussion brain injury: a light and electron microscopic study in rats. *Neurosurgery* 38:533–541. (discussion 41)
106. Apgar V (1953) A proposal for a new method of evaluation of the newborn infant. *Curr Res Anesth Analg* 32:260–267
107. Chamberlain G, Banks J (1974) Assessment of the Apgar score. *Lancet* 2:1225–1228
108. Owen CJ, Wyllie JP (2004) Determination of heart rate in the baby at birth. *Resuscitation* 60:213–217
109. Kamlin CO, O'Donnell CP, Everest NJ, Davis PG, Morley CJ (2006) Accuracy of clinical assessment of infant heart rate in the delivery room. *Resuscitation* 71:319–321
110. Dawson JA, Saraswat A, Simionato L et al (2013) Comparison of heart rate and oxygen saturation measurements from Masimo and Nellcor pulse oximeters in newly born term infants. *Acta Paediatr* 102:955–960
111. Kamlin CO, Dawson JA, O'Donnell CP et al (2008) Accuracy of pulse oximetry measurement of heart rate of newborn infants in the delivery room. *J Pediatr* 152:756–760



112. Katheria A, Rich W, Finer N (2012) Electrocardiogram provides a continuous heart rate faster than oximetry during neonatal resuscitation. *Pediatrics* 130:e1177–1181
113. Voogdt KG, Morrison AC, Wood FE, van Elburg RM, Wyllie JP (2010) A randomised, simulated study assessing auscultation of heart rate at birth. *Resuscitation* 81:1000–1003
114. Mizumoto H, Tomotaki S, Shibata H et al (2012) Electrocardiogram shows reliable heart rates much earlier than pulse oximetry during neonatal resuscitation. *Pediatr Int* 54:205–207
115. van Vonderen JJ, Hooper SB, Kroese JK et al (2015) Pulse oximetry measures a lower heart rate at birth compared with electrocardiography. *J Pediatr* 166:49–53
116. O'Donnell CP, Kamlin CO, Davis PG, Carlin JB, Morley CJ (2007) Clinical assessment of infant colour at delivery. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 92:F465–F467
117. Konstantelos D, Gurth H, Bergert R, Ifflaender S, Rudiger M (2014) Positioning of term infants during delivery room routine handling – analysis of videos. *BMC Pediatr* 14:33
118. Kelleher J, Bhat R, Salas AA et al (2013) Oronasopharyngeal suction versus wiping of the mouth and nose at birth: a randomised equivalency trial. *Lancet* 382:326–330
119. Cordero L Jr, Hon EH (1971) Neonatal bradycardia following nasopharyngeal stimulation. *J Pediatr* 78:441–447
120. Gungor S, Kurt E, Teksoz E, Goktolga U, Ceyhan T, Baser I (2006) Oronasopharyngeal suction versus no suction in normal and term infants delivered by elective cesarean section: a prospective randomized controlled trial. *Gynecol Obstet Invest* 61:9–14
121. Waltman PA, Brewer JM, Rogers BP, May WL (2004) Building evidence for practice: a pilot study of newborn bulb suctioning at birth. *J Midwifery Womens Health* 49:32–38
122. Carson BS, Losey RW, Bowes WA Jr, Simmons MA (1976) Combined obstetric and pediatric approach to prevent meconium aspiration syndrome. *Am J Obstet Gynecol* 126:712–715
123. Ting P, Brady JP (1975) Tracheal suction in meconium aspiration. *Am J Obstet Gynecol* 122:767–771
124. Falciaglia HS, Henderschott C, Potter P, Helmchen R (1992) Does DeLee suction at the perineum prevent meconium aspiration syndrome? *Am J Obstet Gynecol* 167:1243–1249
125. Wiswell TE, Tuggle JM, Turner BS (1990) Meconium aspiration syndrome: have we made a difference? *Pediatrics* 85:715–721
126. Wiswell TE, Gannon CM, Jacob J et al (2000) Delivery room management of the apparently vigorous meconium-stained neonate: results of the multicenter, international collaborative trial. *Pediatrics* 105:1–7
127. Vain NE, Szyld EG, Prudent LM, Wiswell TE, Aguilar AM, Vivas NI (2004) Oropharyngeal and nasopharyngeal suctioning of meconium-stained neonates before delivery of their shoulders: multicentre, randomised controlled trial. *Lancet* 364:597–602
128. Chettri S, Adhivivam B, Bhat BV (2015) Endotracheal suction for nonvigorous neonates born through meconium stained amniotic fluid: a randomized controlled trial. *J Pediatr*. doi:10.1016/j.jpeds.2014.12.076
129. Al Takroni AM, Parvathi CK, Mendis KB, Hassan S, Reddy I, Kudair HA (1998) Selective tracheal suctioning to prevent meconium aspiration syndrome. *Int J Gynaecol Obstet* 63:259–263
130. Davis RO, Phillips JB 3rd, Harris BA Jr, Wilson ER, Huddleston JF (1985) Fatal meconium aspiration syndrome occurring despite airway management considered appropriate. *Am J Obstet Gynecol* 151:731–736
131. Manganaro R, Mami C, Palmara A, Paolata A, Gemelli M (2001) Incidence of meconium aspiration syndrome in term meconium-stained babies managed at birth with selective tracheal intubation. *J Perinat Med* 29:465–468
132. Yoder BA (1994) Meconium-stained amniotic fluid and respiratory complications: impact of selective tracheal suction. *Obstet Gynecol* 83:77–84
133. Bent RC, Wiswell TE, Chang A (1992) Removing meconium from infant tracheae. What works best? *Am J Dis Child* 146:1085–1089
134. Dargaville PA, Copnell B, Mills JF et al (2011) Randomized controlled trial of lung lavage with dilute surfactant for meconium aspiration syndrome. *J Pediatr* 158:383–389e2
135. Dargaville PA, Copnell B, Mills JF et al (2013) Fluid recovery during lung lavage in meconium aspiration syndrome. *Acta Paediatr* 102:e90–e93
136. Wyllie J, Perlman JM, Kattwinkel J et al (2010) Part 11: Neonatal resuscitation: 2010 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science with Treatment Recommendations. *Resuscitation* 81(Suppl 1):e260–e287
137. Vyas H, Milner AD, Hopkin IE, Boon AW (1981) Physiologic responses to prolonged and slow-rise inflation in the resuscitation of the asphyxiated newborn infant. *J Pediatr* 99:635–639
138. Mortola JP, Fisher JT, Smith JB, Fox GS, Weeks S, Willis D (1982) Onset of respiration in infants delivered by cesarean section. *J Appl Physiol* 52:716–724
139. Hull D (1969) Lung expansion and ventilation during resuscitation of asphyxiated newborn infants. *J Pediatr* 75:47–58
140. Vyas H, Milner AD, Hopkins IE (1981) Intrathoracic pressure and volume changes during the spontaneous onset of respiration in babies born by cesarean section and by vaginal delivery. *J Pediatr* 99:787–791
141. Vyas H, Field D, Milner AD, Hopkin IE (1986) Determinants of the first inspiratory volume and functional residual capacity at birth. *Pediatr Pulmonol* 2:189–193
142. Boon AW, Milner AD, Hopkin IE (1979) Lung expansion, tidal exchange, and formation of the functional residual capacity during resuscitation of asphyxiated neonates. *J Pediatr* 95:1031–1036
143. Hird MF, Greenough A, Gamsu HR (1991) Inflating pressures for effective resuscitation of preterm infants. *Early Hum Dev* 26:69–72
144. Lindner W, Vossbeck S, Hummler H, Pohlandt F (1999) Delivery room management of extremely low birth weight infants: spontaneous breathing or intubation? *Pediatrics* 103:961–967
145. Wood FE, Morley CJ, Dawson JA et al (2008) Assessing the effectiveness of two round neonatal resuscitation masks: study 1. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 93:F235–F237
146. Wood FE, Morley CJ, Dawson JA et al (2008) Improved techniques reduce face mask leak during simulated neonatal resuscitation: study 2. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 93:F230–F234
147. Tracy MB, Klimek J, Coughtrey H et al (2011) Mask leak in one-person mask ventilation compared to two-person in newborn infant manikin study. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 96:F195–F200
148. Schmolzer GM, Dawson JA, Kamlin CO, O'Donnell CP, Morley CJ, Davis PG (2011) Airway obstruction and gas leak during mask ventilation of preterm infants in the delivery room. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 96:F254–F257
149. Schmolzer GM, Kamlin OC, O'Donnell CP, Dawson JA, Morley CJ, Davis PG (2010) Assessment of tidal volume and gas leak during mask ventilation of preterm infants in the delivery room. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 95:F393–F397
150. Klingenberg C, Sobotka KS, Ong T et al (2013) Effect of sustained inflation duration; resuscitation of near-term asphyxiated lambs. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 98:F222–F227
151. te Pas AB, Siew M, Wallace MJ et al (2009) Effect of sustained inflation length on establishing functional residual capacity at birth in ventilated premature rabbits. *Pediatr Res* 66:295–300
152. Harling AE, Beresford MW, Vince GS, Bates M, Yoxall CW (2005) Does sustained lung inflation at resuscitation reduce lung injury in the preterm infant? *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 90:F406–F410
153. Lindner W, Hogel J, Pohlandt F (2005) Sustained pressure-controlled inflation or intermittent mandatory ventilation in preterm infants in the delivery room? A randomized, controlled trial on initial respiratory support via nasopharyngeal tube. *Acta Paediatr* 94:303–309
154. Lista G, Boni L, Scopesi F et al (2015) Sustained lung inflation at birth for preterm infants: a randomized clinical trial. *Pediatrics* 135:e457–e464
155. Lista G, Fontana P, Castoldi F, Caviglioli F, Dani C (2011) Does sustained lung inflation at birth improve outcome of preterm infants at risk for respiratory distress syndrome? *Neonatology* 99:45–50
156. Mariani G, Dik PB, Ezquer A et al (2007) Pre-ductal and post-ductal O<sub>2</sub> saturation in healthy term neonates after birth. *J Pediatr* 150:418–421
157. Dawson JA, Kamlin CO, Vento M et al (2010) Defining the reference range for oxygen saturation for infants after birth. *Pediatrics* 125:e1340–e1347
158. Davis PG, Tan A, O'Donnell CP, Schulze A (2004) Resuscitation of newborn infants with 100% oxygen or air: a systematic review and meta-analysis. *Lancet* 364:1329–1333
159. Vento M, Moro M, Escrig R et al (2009) Preterm resuscitation with low oxygen causes less oxidative stress, inflammation, and chronic lung disease. *Pediatrics*. doi:10.1542/peds.2009-0434
160. Saugstad OD, Aune D, Aguilar M, Kapadia V, Finer N, Vento M (2014) Systematic review and meta-analysis of optimal initial fraction of oxygen levels in the delivery room at ≤32 weeks. *Acta Paediatr* 103:744–751
161. Armanian AM, Badiee Z (2012) Resuscitation of preterm newborns with low concentration oxygen versus high concentration oxygen. *J Res Pharm Pract* 1:25–29
162. Kapadia VS, Chalak LF, Sparks JE, Allen JR, Savani RC, Wyckoff MH (2013) Resuscitation of preterm neonates with limited versus high oxygen strategy. *Pediatrics* 132:e1488–e1496
163. Lundstrom KE, Pryds O, Greisen G (1995) Oxygen at birth and prolonged cerebral vasoconstriction in preterm infants. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 73:F81–F86

164. Rabi Y, Singhal N, Nettel-Aguirre A (2011) Room-air versus oxygen administration for resuscitation of preterm infants: the ROAR study. *Pediatrics* 128:e374–e381
165. Rook D, Schierbeek H, Vento M et al (2014) Resuscitation of preterm infants with different inspired oxygen fractions. *J Pediatr* 164:1322–1326e3
166. Wang CL, Anderson C, Leone TA, Rich W, Govindaswami B, Finer NN (2008) Resuscitation of preterm neonates by using room air or 100% oxygen. *Pediatrics* 121:1083–1089
167. O'Donnell CP, Kamlin CO, Davis PG, Morley CJ (2005) Feasibility of and delay in obtaining pulse oximetry during neonatal resuscitation. *J Pediatr* 147:698–699
168. Dawson JA, Kamlin CO, Wong C et al (2009) Oxygen saturation and heart rate during delivery room resuscitation of infants < 30 weeks' gestation with air or 100% oxygen. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 94:F87–F91
169. Dildy GA, van den Berg PP, Katz M et al (1994) Intrapartum fetal pulse oximetry: fetal oxygen saturation trends during labor and relation to delivery outcome. *Am J Obstet Gynecol* 171:679–684
170. Rabi Y, Yee W, Chen SY, Singhal N (2006) Oxygen saturation trends immediately after birth. *J Pediatr* 148:590–594
171. Gonzales GF, Salirrosas A (2005) Arterial oxygen saturation in healthy newborns delivered at term in Cerro de Pasco (4340 m) and Lima (150 m). *Reprod Biol Endocrinol* 3:46
172. Smit M, Dawson JA, Ganzeboom A, Hooper SB, van Roosmalen J, te Pas AB (2014) Pulse oximetry in newborns with delayed cord clamping and immediate skin-to-skin contact. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 99:F309–F314
173. Wyllie J, Perlman JM, Kattwinkel J et al (2015) Part 7: Neonatal resuscitation: 2015 International consensus on cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care science with treatment recommendations. *Resuscitation*
174. Ingimarsson J, Björklund LJ, Curstedt T et al (2004) Incomplete protection by prophylactic surfactant against the adverse effects of large lung inflations at birth in immature lambs. *Intensive Care Med* 30:1446–1453
175. Muscedere JG, Mullen JB, Gan K, Slutsky AS (1994) Tidal ventilation at low airway pressures can augment lung injury. *Am J Respir Crit Care Med* 149:1327–1334
176. Naik AS, Kallapur SG, Bachurski CJ et al (2001) Effects of ventilation with different positive end-expiratory pressures on cytokine expression in the preterm lamb lung. *Am J Respir Crit Care Med* 164:494–498
177. Polglase GR, Hillman NH, Pillow JJ et al (2008) Positive end-expiratory pressure and tidal volume during initial ventilation of preterm lambs. *Pediatr Res* 64:517–522
178. Nilsson R, Grossmann G, Robertson B (1980) Bronchiolar epithelial lesions induced in the premature rabbit neonate by short periods of artificial ventilation. *Acta Pathol Microbiol Scand* 88:359–367
179. Probyn ME, Hooper SB, Dargaville PA et al (2004) Positive end expiratory pressure during resuscitation of premature lambs rapidly improves blood gases without adversely affecting arterial pressure. *Pediatr Res* 56:198–204
180. te Pas AB, Siew M, Wallace MJ et al (2009) Establishing functional residual capacity at birth: the effect of sustained inflation and positive end-expiratory pressure in a preterm rabbit model. *Pediatr Res* 65:537–541
181. Dawson JA, Schmolzer GM, Kamlin CO et al (2011) Oxygenation with T-piece versus self-inflating bag for ventilation of extremely preterm infants at birth: a randomized controlled trial. *J Pediatr* 158:912–918 e1–2
182. Szyld E, Aguilar A, Musante GA et al (2014) Comparison of devices for newborn ventilation in the delivery room. *J Pediatr* 165:234–239e3
183. Allwood AC, Madar RJ, Baumer JH, Readdy L, Wright D (2003) Changes in resuscitation practice at birth. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 88:F375–F379
184. Cole AF, Rolbin SH, Hew EM, Pynn S (1979) An improved ventilator system for delivery-room management of the newborn. *Anesthesiology* 51:356–358
185. Hoskyns EW, Milner AD, Hopkin IE (1987) A simple method of face mask resuscitation at birth. *Arch Dis Child* 62:376–378
186. Ganga-Zandzou PS, Diependaele JF, Storme L et al (1996) [Is Ambu ventilation of newborn infants a simple question of finger-touch?]. *Arch Pediatr* 3:1270–1272
187. Oddie S, Wyllie J, Scally A (2005) Use of self-inflating bags for neonatal resuscitation. *Resuscitation* 67:109–112
188. Finer NN, Rich W, Craft A, Henderson C (2001) Comparison of methods of bag and mask ventilation for neonatal resuscitation. *Resuscitation* 49:299–305
189. Dawson JA, Gerber A, Kamlin CO, Davis PG, Morley CJ (2011) Providing PEEP during neonatal resuscitation: which device is best? *J Paediatr Child Health* 47:698–703
190. Roehr CC, Kelm M, Fischer HS, Buhner C, Schmalisch G, Proquitt H (2010) Manual ventilation devices in neonatal resuscitation: tidal volume and positive pressure-provision. *Resuscitation* 81:202–205
191. Kanter RK (1987) Evaluation of mask-bag ventilation in resuscitation of infants. *Am J Dis Child* 141:761–763
192. Morley CJ, Dawson JA, Stewart MJ, Hussain F, Davis PG (2010) The effect of a PEEP valve on a Lateral neonatal self-inflating resuscitation bag. *J Paediatr Child Health* 46:51–56
193. Bennett S, Finer NN, Rich W, Vaucher Y (2005) A comparison of three neonatal resuscitation devices. *Resuscitation* 67:113–118
194. Kelm M, Proquitt H, Schmalisch G, Roehr CC (2009) Reliability of two common PEEP-generating devices used in neonatal resuscitation. *Klin Padiatr* 221:415–418
195. Hartung JC, Schmolzer G, Schmalisch G, Roehr CC (2013) Repeated thermo-sterilisation further affects the reliability of positive end-expiratory pressure valves. *J Paediatr Child Health* 49:741–745
196. Schmolzer GM, Morley CJ, Wong C et al (2012) Respiratory function monitor guidance of mask ventilation in the delivery room: a feasibility study. *J Pediatr* 160:377–381e2
197. Kong JY, Rich W, Finer NN, Leone TA (2013) Quantitative end-tidal carbon dioxide monitoring in the delivery room: a randomized controlled trial. *J Pediatr* 163:104–108e1
198. Leone TA, Lange A, Rich W, Finer NN (2006) Disposable colorimetric carbon dioxide detector use as an indicator of a patent airway during non-invasive mask ventilation. *Pediatrics* 118:e202–e204
199. McCarthy LK, Twomey AR, Molloy EJ, Murphy JF, O'Donnell CP (2013) A randomized trial of nasal prong or face mask for respiratory support for preterm newborns. *Pediatrics* 132:e389–e395
200. Kamlin CO, Schilleman K, Dawson JA et al (2013) Mask versus nasal tube for stabilization of preterm infants at birth: a randomized controlled trial. *Pediatrics* 132:e381–e388
201. Trevisanuto D, Cavallin F, Nguyen LN et al (2015) Supreme laryngeal mask airway versus face mask during neonatal resuscitation: a randomized controlled trial. *J Pediatr* 167(2):286–291.e1
202. Esmail N, Saleh M et al (2002) Laryngeal mask airway versus endotracheal intubation for Apgar score improvement in neonatal resuscitation. *Egyptian J Anesthesiol* 18:115–121
203. Trevisanuto D, Cavaglio M, Magarotto M, Piva D, Zanardo V (2004) Laryngeal mask airway: is the management of neonates requiring positive pressure ventilation at birth changing? *Resuscitation* 62:151–157
204. Singh R (2005) Controlled trial to evaluate the use of LMA for neonatal resuscitation. *J Anaesth Clin Pharmacol* 21:303–306
205. Zhu XY, Lin BC, Zhang QS, Ye HM, Yu RJ (2011) A prospective evaluation of the efficacy of the laryngeal mask airway during neonatal resuscitation. *Resuscitation* 82:1405–1409
206. Schmolzer GM, Agarwal M, Kamlin CO, Davis PG (2013) Supraglottic airway devices during neonatal resuscitation: an historical perspective, systematic review and meta-analysis of available clinical trials. *Resuscitation* 84:722–730
207. Kempley ST, Moreiras JW, Petrone FL (2008) Endotracheal tube length for neonatal intubation. *Resuscitation* 77:369–373
208. Gill I, O'Donnell CP (2014) Vocal cord guides on neonatal endotracheal tubes. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 99:F344
209. Palme-Kilander C, Tunell R (1993) Pulmonary gas exchange during facemask ventilation immediately after birth. *Arch Dis Child* 68:11–16
210. Aziz HF, Martin JB, Moore JJ (1999) The pediatric disposable end-tidal carbon dioxide detector role in endotracheal intubation in newborns. *J Perinatol* 19:110–113
211. Bhende MS, LaCovey D (1995) A note of caution about the continuous use of colorimetric end-tidal CO<sub>2</sub> detectors in children. *Pediatrics* 95:800–801
212. Repetto JE, Donohue P-CP, Baker SF, Kelly L, Noguee LM (2001) Use of capnography in the delivery room for assessment of endotracheal tube placement. *J Perinatol* 21:284–287
213. Roberts WA, Maniscalco WM, Cohen AR, Litman RS, Chhibber A (1995) The use of capnography for recognition of esophageal intubation in the neonatal intensive care unit. *Pediatr Pulmonol* 19:262–268
214. Hosono S, Inami I, Fujita H, Minato M, Takahashi S, Mugishima H (2009) A role of end-tidal CO<sub>2</sub> monitoring for assessment of tracheal intubations in very low birth weight infants during neonatal resuscitation at birth. *J Perinat Med* 37:79–84
215. Garey DM, Ward R, Rich W, Heldt G, Leone T, Finer NN (2008) Tidal volume threshold for colorimetric carbon dioxide detectors available for use in neonates. *Pediatrics* 121:e1524–e1527
216. Morley CJ, Davis PG, Doyle LW, Brion LP, Hascoet JM, Carlin JB (2008) Nasal CPAP or intubation at birth for very preterm infants. *N Engl J Med* 358:700–708

217. Network SSGotEKSNNR, Finer NN, Carlo WA et al (2010) Early CPAP versus surfactant in extremely preterm infants. *The New England journal of medicine* 362:1970–1909
218. Dunn MS, Kaempf J, de Klerk A et al (2011) Randomized trial comparing 3 approaches to the initial respiratory management of preterm neonates. *Pediatrics* 128:e1069–e1076
219. Hishikawa K, Goishi K, Fujiwara T, Kaneshige M, Ito Y, Sago H (2015) Pulmonary air leak associated with CPAP at term birth resuscitation. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*
220. Poets CF, Rudiger M (2015) Mask CPAP during neonatal transition: too much of a good thing for some term infants? *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*
221. Hourri PK, Frank LR, Menegazzi JJ, Taylor R (1997) A randomized, controlled trial of two-thumb vs two-finger chest compression in a swine infant model of cardiac arrest [see comment]. *Prehosp Emerg Care* 1:65–67
222. David R (1988) Closed chest cardiac massage in the newborn infant. *Pediatrics* 81:552–554
223. Menegazzi JJ, Auble TE, Nicklas KA, Hosack GM, Rack L, Goode JS (1993) Two-thumb versus two-finger chest compression during CRP in a swine infant model of cardiac arrest. *Ann Emerg Med* 22:240–243
224. Thaler MM, Stobie GH (1963) An improved technique of external cardiac compression in infants and young children. *N Engl J Med* 269:606–610
225. Christman C, Hemway RJ, Wyckoff MH, Perlman JM (2011) The two-thumb is superior to the two-finger method for administering chest compressions in a manikin model of neonatal resuscitation. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 96:F99–F101
226. Dellimore K, Heunis S, Gohier F et al (2013) Development of a diagnostic glove for nonobtrusive measurement of chest compression force and depth during neonatal CPR. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 2013:350–353
227. Dorfsman ML, Menegazzi JJ, Wadas RJ, Auble TE (2000) Two-thumb vs two-finger chest compression in an infant model of prolonged cardiopulmonary resuscitation. *Acad Emerg Med* 7:1077–1082
228. Martin PS, Kemp AM, Theobald PS, Maguire SA, Jones MD (2013) Do chest compressions during simulated infant CPR comply with international recommendations? *Arch Dis Child* 98:576–581
229. Martin P, Theobald P, Kemp A, Maguire S, Macnochie I, Jones M (2013) Real-time feedback can improve infant manikin cardiopulmonary resuscitation by up to 79% – a randomised controlled trial. *Resuscitation* 84:1125–1130
230. Moya F, James LS, Burnard ED, Hanks EC (1962) Cardiac massage in the newborn infant through the intact chest. *Am J Obstet Gynecol* 84:798–803
231. Park J, Yoon C, Lee JC et al (2014) Manikin-integrated digital measuring system for assessment of infant cardiopulmonary resuscitation techniques. *IEEE J Biomed Health Inform* 18:1659–1667
232. Todres ID, Rogers MC (1975) Methods of external cardiac massage in the newborn infant. *J Pediatr* 86:781–782
233. Udassi S, Udassi JP, Lamb MA et al (2010) Two-thumb technique is superior to two-finger technique during lone rescuer infant manikin CPR. *Resuscitation* 81:712–717
234. Whitelaw CC, Slywka B, Goldsmith LJ (2000) Comparison of a two-finger versus two-thumb method for chest compressions by healthcare providers in an infant mechanical model. *Resuscitation* 43:213–216
235. Lim JS, Cho Y, Ryu S et al (2013) Comparison of overlapping (OP) and adjacent thumb positions (AP) for cardiac compressions using the encircling method in infants. *Emerg Med J* 30:139–142
236. Orlowski JP (1986) Optimum position for external cardiac compression in infants and young children. *Ann Emerg Med* 15:667–673
237. Phillips GW, Zideman DA (1986) Relation of infant heart to sternum: its significance in cardiopulmonary resuscitation. *Lancet* 1:1024–1025
238. Saini SS, Gupta N, Kumar P, Bhalla AK, Kaur H (2012) A comparison of two-fingers technique and two-thumbs encircling hands technique of chest compression in neonates. *J Perinatol* 32:690–694
239. You Y (2009) Optimum location for chest compressions during two-rescuer infant cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation* 80:1378–1381
240. Meyer A, Nadkarni V, Pollock A et al (2010) Evaluation of the Neonatal Resuscitation Program's recommended chest compression depth using computerized tomography imaging. *Resuscitation* 81:544–548
241. Dannevig I, Solevag AL, Saugstad OD, Nakstad B (2012) Lung injury in asphyxiated newborn pigs resuscitated from cardiac arrest – the impact of supplementary oxygen, longer ventilation intervals and chest compressions at different compression-to-ventilation ratios. *Open Respir Med J* 6:89–96
242. Dannevig I, Solevag AL, Sonerud T, Saugstad OD, Nakstad B (2013) Brain inflammation induced by severe asphyxia in newborn pigs and the impact of alternative resuscitation strategies on the newborn central nervous system. *Pediatr Res* 73:163–170
243. Hemway RJ, Christman C, Perlman J (2013) The 3:1 is superior to a 15:2 ratio in a newborn manikin model in terms of quality of chest compressions and number of ventilations. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 98:F42–F45
244. Solevag AL, Dannevig I, Wyckoff M, Saugstad OD, Nakstad B (2010) Extended series of cardiac compressions during CPR in a swine model of perinatal asphyxia. *Resuscitation* 81:1571–1576
245. Solevag AL, Dannevig I, Wyckoff M, Saugstad OD, Nakstad B (2011) Return of spontaneous circulation with a compression:ventilation ratio of 15:2 versus 3:1 in newborn pigs with cardiac arrest due to asphyxia. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 96:F417–F421
246. Solevag AL, Madland JM, Gjaerum E, Nakstad B (2012) Minute ventilation at different compression to ventilation ratios, different ventilation rates, and continuous chest compressions with asynchronous ventilation in a newborn manikin. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 20:73
247. Dean JM, Koehler RC, Schleien CL et al (1991) Improved blood flow during prolonged cardiopulmonary resuscitation with 30% duty cycle in infant pigs. *Circulation* 84:896–904
248. Berkowitz ID, Chantarojanasiri T, Koehler RC et al (1989) Blood flow during cardiopulmonary resuscitation with simultaneous compression and ventilation in infant pigs. *Pediatr Res* 26:558–564
249. Linner R, Werner O, Perez-de-Sa V, Cunha-Goncalves D (2009) Circulatory recovery is as fast with air ventilation as with 100% oxygen after asphyxia-induced cardiac arrest in piglets. *Pediatr Res* 66:391–394
250. Lipinski CA, Hicks SD, Callaway CW (1999) Normoxic ventilation during resuscitation and outcome from asphyxial cardiac arrest in rats. *Resuscitation* 42:221–229
251. Perez-de-Sa V, Cunha-Goncalves D, Nordh A et al (2009) High brain tissue oxygen tension during ventilation with 100% oxygen after fetal asphyxia in newborn sheep. *Pediatr Res* 65:57–61
252. Solevag AL, Dannevig I, Nakstad B, Saugstad OD (2010) Resuscitation of severely asphyxial newborn pigs with cardiac arrest by using 21% or 100% oxygen. *Neonatology* 98:64–72
253. Temesvari P, Karg E, Bodi I et al (2001) Impaired early neurologic outcome in newborn piglets reoxygenated with 100% oxygen compared with room air after pneumothorax-induced asphyxia. *Pediatr Res* 49:812–819
254. Walson KH, Tang M, Glumac A et al (2011) Normoxic versus hyperoxic resuscitation in pediatric asphyxial cardiac arrest: effects on oxidative stress. *Crit Care Med* 39:335–343
255. Yeh ST, Cawley RJ, Aune SE, Angelos MG (2009) Oxygen requirement during cardiopulmonary resuscitation (CPR) to effect return of spontaneous circulation. *Resuscitation* 80:951–955
256. Berg RA, Henry C, Otto CW et al (1996) Initial end-tidal CO<sub>2</sub> is markedly elevated during cardiopulmonary resuscitation after asphyxial cardiac arrest. *Pediatr Emerg Care* 12:245–248
257. Bhende MS, Karasic DG, Menegazzi JJ (1995) Evaluation of an end-tidal CO<sub>2</sub> detector during cardiopulmonary resuscitation in a canine model for pediatric cardiac arrest. *Pediatr Emerg Care* 11:365–368
258. Bhende MS, Thompson AE (1995) Evaluation of an end-tidal CO<sub>2</sub> detector during pediatric cardiopulmonary resuscitation. *Pediatrics* 95:395–399
259. Bhende MS, Karasic DG, Karasic RB (1996) End-tidal carbon dioxide changes during cardiopulmonary resuscitation after experimental asphyxial cardiac arrest. *Am J Emerg Med* 14:349–350
260. Chalak LF, Barber CA, Hynan L, Garcia D, Christie L, Wyckoff MH (2011) End-tidal CO<sub>2</sub> detection of an audible heart rate during neonatal cardiopulmonary resuscitation after asystole in asphyxiated piglets. *Pediatr Res* 69:401–405
261. Crespo SG, Schoffstall JM, Fuhs LR, Spivey WH (1991) Comparison of two doses of endotracheal epinephrine in a cardiac arrest model. *Ann Emerg Med* 20:230–234
262. Jasani MS, Nadkarni VM, Finkelstein MS, Mandell GA, Salzman SK, Norman ME (1994) Effects of different techniques of endotracheal epinephrine administration in pediatric porcine hypoxic-hypercarbic cardiopulmonary arrest. *Crit Care Med* 22:1174–1180
263. Mielke LL, Frank C, Lanzinger MJ et al (1998) Plasma catecholamine levels following tracheal and intravenous epinephrine administration in swine. *Resuscitation* 36:187–192
264. Roberts JR, Greenberg MI, Knaub MA, Kendrick ZV, Baskin SI (1979) Blood levels following intravenous and endotracheal epinephrine administration. *JACEP* 8:53–56
265. Hornchen U, Schuttler J, Stoeckel H, Eichelkraut W, Hahn N (1987) Endobronchial instillation of epinephrine during cardiopulmonary resuscitation. *Crit Care Med* 15:1037–1039

266. Wyckoff MH, Perlman JM, Laptook AR (2005) Use of volume expansion during delivery room resuscitation in near-term and term infants. *Pediatrics* 115:950–955
267. Harrington DJ, Redman CW, Moulden M, Greenwood CE (2007) The long-term outcome in surviving infants with Apgar zero at 10 min: a systematic review of the literature and hospital-based cohort. *Am J Obstet Gynecol* 196:463 e1–5
268. Lee SK, Penner PL, Cox M (1991) Comparison of the attitudes of health care professionals and parents toward active treatment of very low birth weight infants. *Pediatrics* 88:110–114
269. Kopelman LM, Irons TG, Kopelman AE (1988) Neonatologists judge the „Baby Doe“ regulations. *N Engl J Med* 318:677–683
270. Sanders MR, Donohue PK, Oberdorf MA, Rosenkrantz TS, Allen MC (1995) Perceptions of the limit of viability: neonatologists' attitudes toward extremely preterm infants. *J Perinatol* 15:494–502
271. Rysavy MA, Li L, Bell EF et al (2015) Between-hospital variation in treatment and outcomes in extremely preterm infants. *N Engl J Med* 372:1801–1811
272. Patel H, Beeby PJ (2004) Resuscitation beyond 10 min of term babies born without signs of life. *J Paediatr Child Health* 40:136–138
273. Casalaz DM, Marlow N, Speidel BD (1998) Outcome of resuscitation following unexpected apparent stillbirth. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 78:F112–F115
274. Kasdorf E, Laptook A, Azzopardi D, Jacobs S, Perlman JM (2015) Improving infant outcome with a 10 min Apgar of 0. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 100:F102–F105
275. Laptook AR, Shankaran S, Ambalavanan N et al (2009) Outcome of term infants using apgar scores at 10 min following hypoxic-ischemic encephalopathy. *Pediatrics* 124:1619–1626
276. Sarkar S, Bhagat I, Dechert RE, Barks JD (2010) Predicting death despite therapeutic hypothermia in infants with hypoxic-ischaemic encephalopathy. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 95:F423–F428
277. Bottoms SF, Paul RH, Mercer BM et al (1999) Obstetric determinants of neonatal survival: antenatal predictors of neonatal survival and morbidity in extremely low birth weight infants. *Am J Obstet Gynecol* 180:665–669
278. Ambalavanan N, Carlo WA, Bobashev G et al (2005) Prediction of death for extremely low birth weight neonates. *Pediatrics* 116:1367–1373
279. Manktelow BN, Seaton SE, Field DJ, Draper ES (2013) Population-based estimates of in-unit survival for very preterm infants. *Pediatrics* 131:e425–e432
280. Medlock S, Ravelli AC, Tamminga P, Mol BW, Abu-Hanna A (2011) Prediction of mortality in very premature infants: a systematic review of prediction models. *PloS one* 6:e23441
281. Tyson JE, Parikh NA, Langer J et al (2008) Intensive care for extreme prematurity – moving beyond gestational age. *N Engl J Med* 358:1672–1681
282. Marlow N, Bennett C, Draper ES, Hennessy EM, Morgan AS, Costeloe KL (2014) Perinatal outcomes for extremely preterm babies in relation to place of birth in England: the EPICure 2 study. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 99:F181–F188
283. Nuffield Council on Bioethics (2006) Critical care decisions in fetal and neonatal medicine: ethical issues. ISBN 1 904384 14
284. Swamy R, Mohapatra S, Bythell M, Embleton ND (2010) Survival in infants live born at less than 24 weeks' gestation: the hidden morbidity of non-survivors. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*
285. Baskett PJ, Steen PA, Bossaert L (2005) European Resuscitation Council guidelines for resuscitation 2005. Section 8. The ethics of resuscitation and end-of-life decisions. *Resuscitation* 67(Suppl 1):S171–S180
286. Fulbrook P, Latour J, Albarran J et al (2007) The presence of family members during cardiopulmonary resuscitation: European federation of Critical Care Nursing associations, European Society of Paediatric and Neonatal Intensive Care and European Society of Cardiology Council on Cardiovascular Nursing and Allied Professions Joint Position Statement. *Eur J Cardiovasc Nurs* 6:255–258
287. Brambrink AM, Ichord RN, Martin LJ, Koehler RC, Traystman RJ (1999) Poor outcome after hypoxia-ischemia in newborns is associated with physiological abnormalities during early recovery. Possible relevance to secondary brain injury after head trauma in infants. *Exp Toxicol Pathol* 51:151–162
288. Vannucci RC, Vannucci SJ (1978) Cerebral carbohydrate metabolism during hypoglycemia and anoxia in newborn rats. *Ann Neurol* 4:73–79
289. Yager JY, Heitjan DF, Towfighi J, Vannucci RC (1992) Effect of insulin-induced and fasting hypoglycemia on perinatal hypoxic-ischemic brain damage. *Pediatr Res* 31:138–142
290. Salhab WA, Wyckoff MH, Laptook AR, Perlman JM (2004) Initial hypoglycemia and neonatal brain injury in term infants with severe fetal acidemia. *Pediatrics* 114:361–366
291. Kent TA, Soukup VM, Fabian RH (2001) Heterogeneity affecting outcome from acute stroke therapy: making reperfusion worse. *Stroke* 32:2318–2327
292. Srinivasan V, Spinella PC, Drott HR, Roth CL, Helfaer MA, Nadkarni V (2004) Association of timing, duration, and intensity of hyperglycemia with intensive care unit mortality in critically ill children. *Pediatr Crit Care Med* 5:329–336
293. Klein GW, Hojsak JM, Schmeidler J, Rapaport R (2008) Hyperglycemia and outcome in the pediatric intensive care unit. *J Pediatr* 153:379–384
294. LeBlanc MH, Huang M, Patel D, Smith EE, Devadas M (1994) Glucose given after hypoxic ischemia does not affect brain injury in piglets. *Stroke* 25:1443–1447. (discussion 8)
295. Hattori H, Wasterlain CG (1990) Posthypoxic glucose supplement reduces hypoxic-ischemic brain damage in the neonatal rat. *Ann Neurol* 28:122–128
296. Edwards AD, Brocklehurst P, Gunn AJ et al (2010) Neurological outcomes at 18 months of age after moderate hypothermia for perinatal hypoxic ischaemic encephalopathy: synthesis and meta-analysis of trial data. *BMJ* 340:c363
297. Gluckman PD, Wyatt JS, Azzopardi D et al (2005) Selective head cooling with mild systemic hypothermia after neonatal encephalopathy: multicentre randomised trial. *Lancet* 365:663–670
298. Shankaran S, Laptook AR, Ehrenkranz RA et al (2005) Whole-body hypothermia for neonates with hypoxic-ischemic encephalopathy. *N Engl J Med* 353:1574–1584
299. Azzopardi DV, Strohm B, Edwards AD et al (2009) Moderate hypothermia to treat perinatal asphyxial encephalopathy. *N Engl J Med* 361:1349–1358
300. Eicher DJ, Wagner CL, Katikaneni LP et al (2005) Moderate hypothermia in neonatal encephalopathy: efficacy outcomes. *Pediatr Neurol* 32:11–17
301. Azzopardi D, Strohm B, Marlow N et al (2014) Effects of hypothermia for perinatal asphyxia on childhood outcomes. *New Engl J Med* 371:140–149
302. Iliodromiti S, Mackay DF, Smith GC, Pell JP, Nelson SM (2014) Apgar score and the risk of cause-specific infant mortality: a population-based cohort study. *Lancet* 384:1749–1755
303. Rudiger M, Braun N, Aranda J et al (2015) Neonatal assessment in the delivery room – Trial to Evaluate a Specified Type of Apgar (TEST-Apgar). *BMC Pediatr* 15:18
304. Dalili H, Nili F, Sheikh M, Hardani AK, Shariat M, Nayeri F (2015) Comparison of the four proposed Apgar scoring systems in the assessment of birth asphyxia and adverse early neurologic outcomes. *PloS One* 10:e0122116
305. Savoldelli GL, Naik VN, Park J, Joo HS, Chow R, Hamstra SJ (2006) Value of debriefing during simulated crisis management: oral versus video-assisted oral feedback. *Anesthesiology* 105:279–285
306. Edelson DP, Litzinger B, Arora V et al (2008) Improving in-hospital cardiac arrest process and outcomes with performance debriefing. *Arch Intern Med* 168:1063–1069
307. DeVita MA, Schaefer J, Lutz J, Wang H, Dongil-T (2005) Improving medical emergency team (MET) performance using a novel curriculum and a computerized human patient simulator. *Qual Saf Health Care* 14:326–331
308. Wayne DB, Butter J, Siddall VJ et al (2005) Simulation-based training of internal medicine residents in advanced cardiac life support protocols: a randomized trial. *Teach Learn Med* 17:210–216
309. Clay AS, Que L, Petrusa ER, Sebastian M, Govert J (2007) Debriefing in the intensive care unit: a feedback tool to facilitate bedside teaching. *Crit Care Med* 35:738–754
310. Blum RH, Raemer DB, Carroll JS, Dufresne RL, Cooper JB (2005) A method for measuring the effectiveness of simulation-based team training for improving communication skills. *Anesth Analg* 100:1375–1380. (table of contents)
311. Rudiger M, Braun N, Gurth H, Bergert R, Dinger J (2011) Preterm resuscitation I: clinical approaches to improve management in delivery room. *Early Hum Dev* 87:749–753
312. Schmid MB, Reister F, Mayer B, Hopfner RJ, Fuchs H, Hummler HD (2013) Prospective risk factor monitoring reduces intracranial hemorrhage rates in preterm infants. *Dtsch Arztebl Int* 110:489–496